

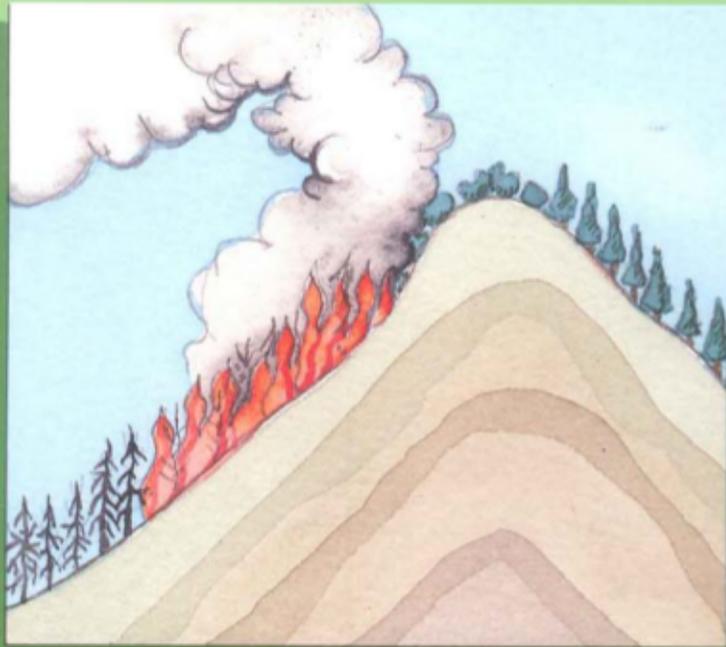


**REGIONE LIGURIA**

Assessorato all'Agricoltura, Protezione Civile  
e Antincendio Boschivo

# MANUALE PER L'OPERATORE ANTINCENDIO BOSCHIVO

Testo di supporto per il corso formativo di base



*... arrivato dove desiderava, cominciò a piantare la sua asta di ferro in terra. Faceva così un buco nel quale depositava una ghianda, dopo di che turava di nuovo il buco. Piantava ghiande ...*

*... mi rispose con grande semplicità che, se Dio gli avesse prestato vita, nel giro di trent'anni ne avrebbe piantate tante altre che quelle diecimila sarebbero state come una goccia nel mare ...*

**da "L'uomo che piantava gli alberi" di Jean Giono**

© 2003 prima edizione

© 2009 nuova edizione aggiornata e ampliata

2013 rielaborazione digitale Provincia di Genova

REGIONE LIGURIA

*Tutti i diritti sono riservati nell'ambito del territorio regionale*

**REGIONE LIGURIA**

Dipartimento Agricoltura, Turismo e Cultura

Via G. D'Annunzio 113 - 16121 Genova

Tel. 010 5485358 - Fax 010 5488435

[www.regione.liguria.it](http://www.regione.liguria.it)

[www.agriligurianet.it](http://www.agriligurianet.it)

e-mail: [massimo.galardi@regione.liguria.it](mailto:massimo.galardi@regione.liguria.it)

#### **Autori, collaboratori e provenienza materiale utilizzato**

- ▶ **Autori:**
  - Ing. Pierluca DOMENICHINI Vice Questore Aggiunto Forestale in servizio presso il Coordinamento Provinciale del Corpo Forestale dello Stato della La Spezia
  - Dott. Benito CASTIGLIA Vice Questore Aggiunto Forestale in servizio presso il Coordinamento Provinciale del Corpo Forestale dello Stato della La SpeziaIn particolare:
  - Benito CASTIGLIA ha curato la redazione dei capitoli: 1. - 2. - 5. - 6.
  - Pierluca DOMENICHINI ha curato la redazione dei capitoli: 3. - 4. - 7. - 8. - 9. - 10. - 11. - 12. - 13.
  
- ▶ **Fotografie:**
  - Le foto sono state effettuate dagli autori o sono state tratte dal materiale di archivio del Comando Provinciale CFS della Spezia. Altre foto utilizzate hanno indicato il riferimento dell'autore.
  
- ▶ **Illustrazioni:**
  - I disegni ad acquarello sono stati realizzati da Aurora NATALE BONI
  - Gli schemi tecnici sono di Pier Luca DOMENICHINI
  
- ▶ **In copertina:** *le foto sono state effettuate da G. Perrini e dall'Ing. P. Domenichini; i disegni sono di Aurora NATALE BONI*



REGIONE LIGURIA  
Assessorato all'Agricoltura, Protezione  
Civile e Antincendio Boschivo

# **MANUALE PER L'OPERATORE ANTINCENDIO BOSCHIVO**

*Testo di supporto per il corso formativo di base*

**L'**opera è sviluppata in modo semplice per non appesantire troppo la lettura, limitando il più possibile le parti di solo testo ricorrendo a immagini e schemi ricchi di didascalie. Gli argomenti sono strutturati con finestre di testo a schemi che rendono intuibili i collegamenti tra le parti che compongono lo stesso argomento. Vengono trattati sia argomenti generali per descrivere cosa sono gli incendi boschivi, che argomenti specifici, con casi concreti, legati all'organizzazione delle squadre antincendio e alle strategie da mettere in atto per condurre al meglio le operazioni.

*Gli Autori*

# INDICE

	pag.		pag.
<b>INTRODUZIONE</b> .....	10		
<b>OBIETTIVI DEL MANUALE</b> .....	11		
<b>1. Gli incendi boschivi. Caratteristiche e comportamento del fuoco</b> .....	12		
1.1. Definizione di incendio boschivo .....	13		
1.2. Fenomeno della combustione .....	14		
1.3. Propagazione del fuoco.....	16		
1.3.1. <i>Fasi evolutive dell'incendio di bosco</i> .....	17		
1.3.2. <i>Parametri che caratterizzano l'incendio di vegetazione</i> .....	18		
1.3.3. <i>Forma dell'incendio</i> .....	20		
1.3.4. <i>Comportamenti particolari del fuoco</i> .....	22		
1.4. Fattori che influenzano il comportamento del fuoco.....	23		
1.4.1. <i>Combustibili vegetali</i> .....	24		
1.4.2. <i>Fattori climatici</i> .....	34		
1.4.3. <i>Fattori topografici</i> .....	45		
1.5. Tipi di incendio.....	49		
1.5.1. <i>Incendio sotterraneo</i> .....	50		
1.5.2. <i>Incendio radente</i> .....	53		
1.5.3. <i>Incendio di chioma</i> .....	56		
1.6. Tipi di incendio boschivo in relazione alle principali formazioni forestali presenti in Italia .....	60		
1.7. Avvistamento e segnalazione di un incendio .....	72		
<b>2. Tecniche di estinzione degli incendi boschivi</b> .....	76		
2.1. Principi base dell'estinzione di un incendio .....	78		
2.2. Attacco diretto da terra con attrezzi manuali .....	79		
2.2.1. <i>Impiego del battifiamma</i> .....	82		
2.2.2. <i>Impiego di acqua con attrezzi manuali</i> .....	83		
2.2.3. <i>Impiego di terra</i> .....	84		
2.2.4. <i>Impiego di rastro, zappa, soffiatore</i> .....	85		
2.3. Attacco indiretto con attrezzi manuali.....	88		
2.3.1. <i>Fascia di controllo</i> .....	90		
2.3.2. <i>Controfuoco</i> .....	93		
<b>3. Tecniche di spegnimento con automezzi AIB</b> .....	98		
3.1. Tipi di automezzi AIB.....	99		
3.2. Analisi carichi e individuazione del modulo AIB utilizzabile.....	104		
3.3. Modulo antincendio per Pick-Up .....	105		
3.3.1. <i>Componenti principali del modulo AIB</i> .....	106		
		3.3.2. <i>Principali accorgimenti che incidono sulla qualità del modulo     antincendio</i> .....	107
		3.3.3. <i>Tipi di moduli AIB per Pick-Up</i> .....	110
		3.3.4. <i>Procedura di utilizzo modulo AIB</i> .....	111
3.4. Esempio di allestimento antincendio per autobotte.....	112		
3.4.1. <i>Funzionamento e organi di regolazione</i> .....	113		
3.4.2. <i>Procedura di utilizzo allestimento AIB autobotte</i> .....	114		
3.5. Utilizzo tubazioni ad alta pressione (naspi).....	117		
3.5.1. <i>Tipi di impianti operativi con tubi ad alta pressione</i> .....	120		
3.5.2. <i>Utilizzo lance ad alta pressione</i> .....	122		
3.5.3. <i>Riparazione di un tubo ad alta pressione</i> .....	124		
3.6. Uso di tubazione a bassa pressione (manichette) .....	126		
3.6.1. <i>Manovra di srotolamento manichette</i> .....	127		
3.6.2. <i>Manichetta alimentata da autobotte</i> .....	128		
3.6.3. <i>Biforcazione: una manichetta ne alimenta altre due</i> .....	129		
3.6.4. <i>Utilizzo lance a bassa pressione</i> .....	130		
3.7. Uso tubo rigido per manovre di aspirazione .....	131		
3.8. Metodi di riempimento cisterna dell'automezzo AIB .....	132		
3.8.1. <i>Riempimento da idrante soprassuolo</i> .....	133		
3.8.2. <i>Riempimento da idrante sottosuolo</i> .....	134		
3.8.3. <i>Riempimento da prese filettate tipo gas maschio o femmina</i> .....	135		
3.8.4. <i>Aspirazione con allestimento AIB per autobotte</i> .....	137		
3.8.5. <i>Aspirazione con modulo per Pick-Up</i> .....	138		
3.8.6. <i>Aspirazione con motopompa barellata</i> .....	139		
3.8.7. <i>Aspirazione con sistema venturi</i> .....	140		
3.9. Utilizzo combinato automezzi piccoli e grossi .....	141		
<b>4. Tecniche di spegnimento con utilizzo di mezzi aerei</b> .....	143		
4.1. Classificazione gestionale mezzi aerei .....	144		
4.2. Procedura di richiesta intervento aereo .....	145		
4.3. Gestione del mezzo aereo sull'incendio.....	146		
4.4. L'utilizzo del mezzo aereo sull'incendio.....	149		
4.4.1. <i>Tecniche di comunicazione tra DOS e mezzo aereo</i> .....	151		
4.4.2. <i>La comunicazione terra - bordo - terra durante la rotta del     mezzo aereo</i> .....	155		
4.4.3. <i>Posizionamento del DOS che coordina il mezzo aereo</i> .....	156		
4.5. Tipi di attacco all'incendio con mezzi aerei .....	158		
4.5.1. <i>Lanci di spegnimento su incendio radente arbustivo o pascolivo</i> .....	160		
4.5.2. <i>Lanci di contenimento su incendio radente sotto copertura arborea</i> ..	161		

## segue INDICE

	pag.		pag.
4.5.3. Lanci di contenimento e lanci di protezione su incendio di chioma ..	162	7.3. Tipologie di operatori antincendio boschivo .....	226
4.5.4. Considerazioni pratiche .....	163	7.4. La catena di comando .....	227
4.6. Velivoli ad ala fissa utilizzati nell'antincendio boschivo .....	164	7.5. Il rapporto tra DOS e ROS .....	228
4.6.1. Il Canadair CL - 415 .....	165	7.6. Gli incendi interfaccia .....	229
4.6.2. L'Air Tractor AT - 802 .....	173	7.6.1. Tipologie di incendi di interfaccia .....	230
4.6.3. Il Beriev 200 .....	178	7.7. Complessità operativa di un incendio .....	232
4.7. Elicotteri pesanti utilizzati in antincendio boschivo .....	180	7.7.1. Il principio di incendio e la prevenzione attiva .....	235
4.7.1. L'Helitanker S - 64 .....	181	7.7.2. Esempio di incendio semplice .....	236
4.7.2. Il CH - 47 Chinook .....	187	7.7.3. Esempio di incendio complesso .....	238
4.8. Elicotteri leggeri utilizzati in antincendio boschivo .....	189	7.7.4. Esempio di incendio critico .....	242
4.8.1. Il pescaggio degli elicotteri leggeri: le benne e il serbatoio ventrale ..	190	7.8. Impostazione strategica di spegnimento .....	244
4.8.2. AB 212 .....	192	7.8.1. Il DOS giunge in vista dell'incendio .....	245
4.8.3. AB 412 .....	193	7.8.2. Il DOS giunge sull'incendio e fa una ricognizione .....	246
4.8.4. SA 315B LAMA .....	194	7.8.3. Strutturare la catena di comando .....	250
4.8.5. NH 500 .....	196	7.8.4. Evacuazione delle persone e triage delle strutture a rischio .....	251
4.8.6. Ecureuil AS 350 B2 e AS 350 B3 .....	197	7.9. Evoluzione catena di comando nell'incendio di sola vegetazione .....	257
4.8.7. A119 "Koala" .....	199	7.10. Evoluzione catena di comando nell'incendio di interfaccia .....	250
4.9. Vasche fisse per pescaggio per elicotteri .....	200	7.11. Le fasi operative dell'incendio .....	263
4.10. Vasche semifisse per pescaggio per elicotteri .....	202	<b>8. Organizzazione operativa della squadra e procedura di attivazione .....</b>	<b>267</b>
4.11. Vasche mobili per pescaggio per elicotteri .....	203	8.1. Organizzazione sede di partenza .....	268
4.11.1. Individuazione geografica del sito di montaggio delle vasche mobili .....	204	8.2. Equipaggiamento automezzo AIB .....	270
4.11.2. Requisiti puntuali sito di montaggio .....	205	8.2.1. Modulo antincendio per Pick-Up .....	271
4.11.3. Schemi di alimentazione vasche mobili .....	206	8.2.2. Allestimento per microautobotti o per autobotti .....	272
4.12. Mezzi aerei usati per ricognizione antincendio .....	208	8.2.3. Accessori a corredo .....	273
<b>5. Additivi per l'acqua usata nello spegnimento .....</b>	<b>210</b>	8.2.4. Raccorderia - contenuto cassetta di base .....	275
5.1. Liquidi estinguenti: Tensioattivi - Tensioattivi schiumogeni .....	211	8.2.5. Materiale di caricamento .....	284
5.2. Applicazioni da terra di liquidi estinguenti .....	213	8.3. Equipaggiamento operatore AIB configurazione "pronto a operare" .....	287
5.3. Liquidi ritardanti .....	215	8.4. Equipaggiamento operatore AIB configurazione "allontanamento da automezzo" .....	289
5.4. Applicazione dei liquidi ritardanti .....	216	8.5. Procedura di attivazione squadre di volontari e partenza in caso di incendio .....	290
<b>6. Bonifica e controllo finale dell'incendio .....</b>	<b>217</b>	<b>9. Operare in sicurezza sull'incendio .....</b>	<b>291</b>
6.1. Bonifica 218		9.1. Descrizione e valutazione del rischio nelle operazioni AIB .....	292
6.2. Controllo finale dell'area percorsa dal fuoco .....	222	9.2. Concetti fondamentali per ridurre i rischi .....	296
<b>7. Strategie operative .....</b>	<b>223</b>	9.3. Criteri di scelta strategica di attacco per ridurre i rischi .....	297
7.1. Classificazione operativa .....	224	9.4. Accorgimenti operativi per ridurre al minimo i rischi .....	299
7.2. Il teatro delle operazioni .....	225	9.5. Cenni sulle procedure in caso di infortunio .....	324

## segue INDICE

	pag.		pag.
9.5.1. Preparazione bagagli da trasportare in elicottero.....	326	11.6. Bloccaggio dei differenziali.....	384
9.5.2. Classificazione zone a rischio attorno all'elicottero.....	327	11.6.1. Principali tipi di differenziali.....	385
9.5.3. Modalità di avvicinamento - allontanamento dall'elicottero e comportamento a bordo.....	328	11.6.2. Funzione ed utilità dei differenziali.....	386
9.6. Un rischio particolare: morsicatura di animali o puntura di insetti.....	336	11.6.3. Tipologie di trasmissione.....	387
9.7. Dispositivi di protezione individuale.....	339	11.6.4. Casistica di bloccaggio dei differenziali.....	388
9.7.1. Dispositivi di protezione individuale antincendio boschivo e accessori.....	340	11.7. Uso del verricello.....	392
9.7.2. Requisiti dei DPI antincendio boschivo.....	341	11.7.1. Descrizione del verricello a motore elettrico.....	393
9.7.3. Marcature dei DPI e procedure di certificazione.....	342	11.7.2. Simulazione d'uso del verricello elettrico.....	395
9.7.4. Criteri di utilizzo dei DPI.....	343	11.7.3. Complicazioni che si possono presentare nei casi pratici.....	400
9.7.5. DPI per il corpo: tuta - sottotuta - maglietta - giaccone.....	344	11.7.4. Manutenzione del verricello elettrico.....	404
9.7.6. DPI per il capo: casco - sottocasco - berretto - foulard.....	347	<b>12. Cenni di cartografia.....</b>	<b>405</b>
9.7.7. DPI per mani e piedi: guanti - scarponi- calze.....	349	12.1. Tipologie di prodotti cartografici.....	406
9.7.8. DPI per il fumo: occhiali antifumo - semimaschera antifumo.....	350	12.2. Scala.....	407
9.7.9. Gambali antitaglio - cuffie antirumore - cintura.....	351	12.3. Equidistanza.....	408
<b>10. Comunicazioni radio nell'antincendio boschivo.....</b>	<b>352</b>	12.4. Distanza planimetrica - dislivello - sviluppo.....	409
10.1. Comunicazioni sul ponte radio o in isoonda.....	353	12.5. Reticolo kilometrico UTM.....	410
10.2. Regole generali per le comunicazioni radio terra-terra.....	354	12.6. Coordinate di un punto.....	411
10.3. Tecniche di trasmissione per le comunicazioni radio terra-terra.....	355	12.6.1. Coordinate geografiche.....	412
10.4. Nominativi radio in codice e alfabeto aeronautico internazionale.....	356	12.6.2. Coordinate di Gauss-Boaga sulla carta tecnica regionale.....	413
10.5. Struttura di una comunicazione radio terra-terra.....	357	12.6.3. Coordinate UTM sulla carta tecnica regionale.....	335
10.6. Esempi pratici per le comunicazioni radio terra-terra.....	358	12.6.4. Possibili applicazioni sull'utilizzo delle coordinate.....	417
10.7. Priorità delle comunicazioni radio terra-terra - la "codifica break".....	360	12.7. Tipologie morfologiche.....	418
10.8. Apparecchi radio - descrizione comandi principali.....	361	<b>13. Tecniche di orientamento.....</b>	<b>423</b>
10.9. Gestione batterie.....	362	13.1. Concetti principali dell'orientamento.....	424
10.10. Esempio di comunicazioni operative in caso di incendio.....	364	13.2. Controllare la marcia lungo un sentiero.....	425
<b>11. Utilizzo dell'automezzo fuoristrada.....</b>	<b>368</b>	13.3. Controllare la marcia fuori sentiero.....	426
11.1. Conoscere il veicolo.....	369	13.4. Come ritrovare l'orientamento.....	428
11.2. Equipaggiamenti di base e accessori di tipo fuoristradistico.....	371	13.5. Utilizzo della bussola.....	433
11.3. Scelta dei pneumatici per il veicolo fuoristrada AIB.....	372	13.6. Utilizzo dell'altimetro.....	434
11.4. Criteri di base per il caricamento del veicolo fuoristrada AIB.....	375	13.7. GPS.....	435
11.5. Affrontare tratti fuoristrada.....	376	13.7.1. Lettura coordinate del punto in cui si trova il GPS.....	436
11.5.1. Le principali tipologie di fondo dei vari percorsi fuoristrada.....	377	13.7.2. Utilizzo del GPS in modalità navigazione.....	437
11.5.2. Rassegna dei principali tipi di passaggi critici nella guida fuoristrada.....	379	<b>Bibliografia.....</b>	<b>438</b>

## INTRODUZIONE

Gli incendi di bosco sono quasi sempre l'effetto di un'azione umana e, solo raramente, si sviluppano in seguito a cause naturali (fulmini, ecc.). L'azione ripetuta e incontrollata del fuoco provoca sul territorio e sull'ambiente conseguenze gravissime che l'uomo, con una moderna prevenzione e lotta, cerca di evitare.

Tuttavia non va dimenticato che, nel corso dei millenni, proprio mediante l'uso del fuoco l'uomo ha modificato l'ambiente naturale e modellato il paesaggio.

Nella dinamica della vegetazione mediterranea il fuoco ha una parte importante, essendo una delle più comuni cause di successioni secondarie.

Dopo un **incendio la vegetazione** risulta praticamente distrutta come massa legnosa ed erbacea e rimane limitata ai soli individui in grado di sopravvivere, generalmente per l'esistenza di organi sotterranei e allo stock di semi conservati nel terreno.

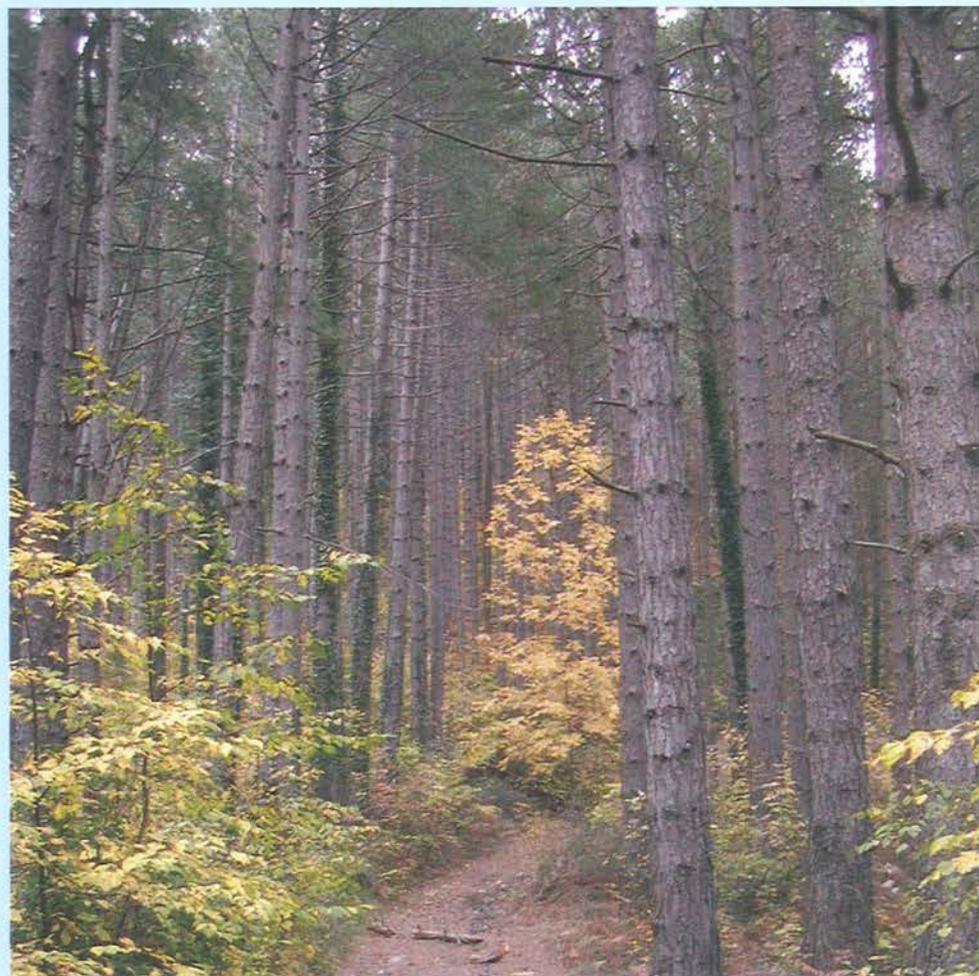
Un incendio di vegetazione è una combustione che si propaga senza controllo nello spazio e nel tempo consumando materiale vegetale e cioè alberi, arbusti, erbe, lettiera ed humus. Si tratta di un fenomeno fisico chimico che separa rapidamente le componenti delle sostanze vegetali, liberando energia sotto forma di calore e restituendo all'ambiente tutta la materia organica e inorganica bloccata nella biomassa vegetale, svolgendo cioè, molto rapidamente, la stessa funzione che viene attuata dagli organismi decompositori in tempi molto più lunghi. In questo senso il fuoco è un fattore naturale dell'ecosistema.

Le modificazioni indotte dal fuoco sono drastiche e rapide: azione diretta del calore sulle piante e sul suolo, distruzione della lettiera, creazione di nuovi microclimi.

L'eliminazione dello strato arboreo comporta una maggiore penetrazione della luce fino a livello del suolo e le condizioni ecologiche all'interno della vegetazione ne risultano modificate. Come conseguenza di questi fatti, in seguito al fuoco, molte specie sono danneggiate oppure scompaiono del tutto altre, invece, le cosiddette pirofile, vengono avvantaggiate. L'assetto attuale della vegetazione è dunque in gran parte il risultato della pressione esercitata dal fuoco come conseguenza di un processo di coevoluzione pianta-animale che ancora oggi perdura.

Nel corso dei tempi sono cambiate le cause degli incendi ma i fuochi sia come cause naturali che intenzionali continuano a bruciare vaste zone del nostro pianeta. In Italia il problema degli incendi di bosco è molto grave, si può trattare di eventi catastrofici che possono provocare danni ingenti e talora anche vittime.

Se nel periodo estivo sono interessate particolarmente le regioni a clima mediterraneo, nei mesi invernali gli incendi si sviluppano anche in alcuni settori collinari della penisola.



*Rimboschimento di Pino nero (Pinus nigra) con rinnovazione di Orniello (Fraxinus ornus) e Carpino nero (Ostrya carpinifolia) nel sottobosco — Monte Dragnone (SP)*

Negli ultimi decenni, nonostante l'impegno economico e i notevoli sforzi tecnici ed organizzativi dedicati dalle diverse Istituzioni all'adozione di misure di prevenzione ed estinzione degli incendi di vegetazione, sembra che la frequenza, l'estensione e persino l'intensità degli incendi non accenni a diminuire e questo rimane dunque un problema gravissimo sotto l'aspetto ambientale, paesaggistico e produttivo.

## OBIETTIVI DEL MANUALE

Gli incendi rappresentano la più grave e diffusa minaccia al bosco in ambiente mediterraneo; infatti, gran parte del territorio nazionale è interessato da tale fenomeno determinato in larga parte dall'azione più o meno volontaria dell'uomo. Il legislatore è intervenuto da alcuni decenni per contrastare un fenomeno che erode e distrugge un bene considerato insostituibile per il benessere e la qualità della vita dei cittadini. La conoscenza scientifica dei fattori che influenzano il comportamento dell'incendio di bosco e l'approfondimento delle tecniche operative da adottare nel corso della lotta attiva, costituiscono l'obiettivo di questo manuale che, nell'intenzione degli autori, può efficacemente supportare l'attività di prevenzione, previsione e contrasto degli incendi boschivi, rispondendo alle finalità delineate con la legge n. 353/2000 "Legge quadro in materia di incendi boschivi".

La stesura di un manuale A.I.B. rivolto a chi opera specificatamente nella fase della lotta attiva, risulta quindi consequenziale all'adozione, a scala nazionale, degli strumenti di pianificazione A.I.B. che tenendo conto delle peculiarità regionali affrontano le tematiche del contrasto agli incendi boschivi, costituendo uno strumento fondamentale per realizzare la formazione del personale impegnato nelle operazioni di estinzione.

Nella redazione del manuale si è tenuto conto dell'esigenza di soddisfare le linee guida in materia di pianificazione A.I.B., con particolare riferimento alla conoscenza degli ambienti forestali, sotto il profilo vegetazionale e selvicolturale, dell'influenza delle componenti ambientali biotiche e abiotiche nel determinare l'evolversi dell'incendio, degli aspetti tecnici legati all'impiego delle attrezzature individuali e degli automezzi, della comunicazione e del coordinamento delle squadre, per considerare, infine, gli aspetti relativi ai rischi e alle precauzioni da adottare al fine di garantire interventi in sicurezza.

La scelta di privilegiare un linguaggio divulgativo e di inserire numerose immagini fotografiche e schemi grafici, riferiti a situazioni tipiche della pratica operativa, anche tenendo conto delle differenti realtà territoriali, si fonda sulla volontà di realizzare uno strumento di conoscenza del fenomeno incendio boschivo, del territorio interessato e delle tecniche di attacco, senza perdere di vista la necessità di ottimizzare la comunicazione tra i diversi operatori, al fine di rendere possibile il coordinamento dei soggetti impegnati per garantire efficienza ed efficacia nella delicata fase di aggressione ed estinzione degli incendi boschivi.

Tale manuale rappresenta la prima versione di un documento che nel tempo potrà essere arricchito e migliorato anche grazie ai suggerimenti e ai contributi che ci si aspetta possano venire in particolare da tutti gli operatori a cui è rivolto.



*Panoramica dell'incendio che ha interessato il territorio di Campo Ligure (GE) nell'agosto del 2003.*

# 1. GLI INCENDI BOSCHIVI. CARATTERISTICHE E COMPORTAMENTO DEL FUOCO

Gli incendi boschivi sono un fenomeno particolarmente complesso, in quanto regolati da numerose **variabili interdipendenti** tra loro, alcune delle quali, come i fattori climatici sono in continua evoluzione.

In tal senso è fondamentale per tutti coloro che a vario titolo intervengono nell'attività di spegnimento conoscere le caratteristiche di queste variabili in modo che, per quanto possibile, si possa arrivare a prevedere quale potrà essere la dinamica di sviluppo di un incendio nel breve periodo.

Il presente capitolo offre una disamina dell'insieme dei diversi fattori che intervengono nella dinamica degli incendi di vegetazione ed in particolar modo di quelli boschivi che rappresentano la manifestazione più complessa di tali eventi.



*Incendio di bosco di Pino marittimo.  
Comune di La Spezia, località Sarbia, luglio 2003.*



*Panoramica dell'Incendio che ha interessato la località Prà in Comune di Genova nell'agosto 2003.*

## 1.1 DEFINIZIONE DI INCENDIO BOSCHIVO

Un **fuoco di vegetazione** è una combustione che interessa materiale vegetale. Si tratta di un fenomeno fisico chimico che separa rapidamente le componenti delle sostanze vegetali, liberando energia sotto forma di calore e restituendo all'ambiente tutta la materia organica e inorganica bloccata nella biomassa vegetale.

Quando il fuoco ha la possibilità di propagarsi senza controllo nello spazio, perché il combustibile non è circoscritto, consumando materiale vegetale e cioè alberi, arbusti, erbe, lettiera ed humus, si parla di **incendi di vegetazione**.

La definizione poi di **incendio boschivo** scaturisce dalla Legge n°353 del 21.11.2000 che fissa le disposizioni finalizzate alla conservazione e alla difesa dagli incendi del **patrimonio boschivo nazionale** quale bene insostituibile per la qualità della vita, tali norme per l'art. 1 costituiscono principi fondamentali dell'ordinamento ai sensi dell'art. 117 della Costituzione.

In particolare l'art. 2 della stessa legge definisce l'incendio boschivo

*"... un fuoco con suscettività a espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate poste all'interno delle aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree."*

Per la definizione giuridica di **bosco**, a livello nazionale, si fa riferimento all'art. 2 del Decreto Legislativo n.227/2001:

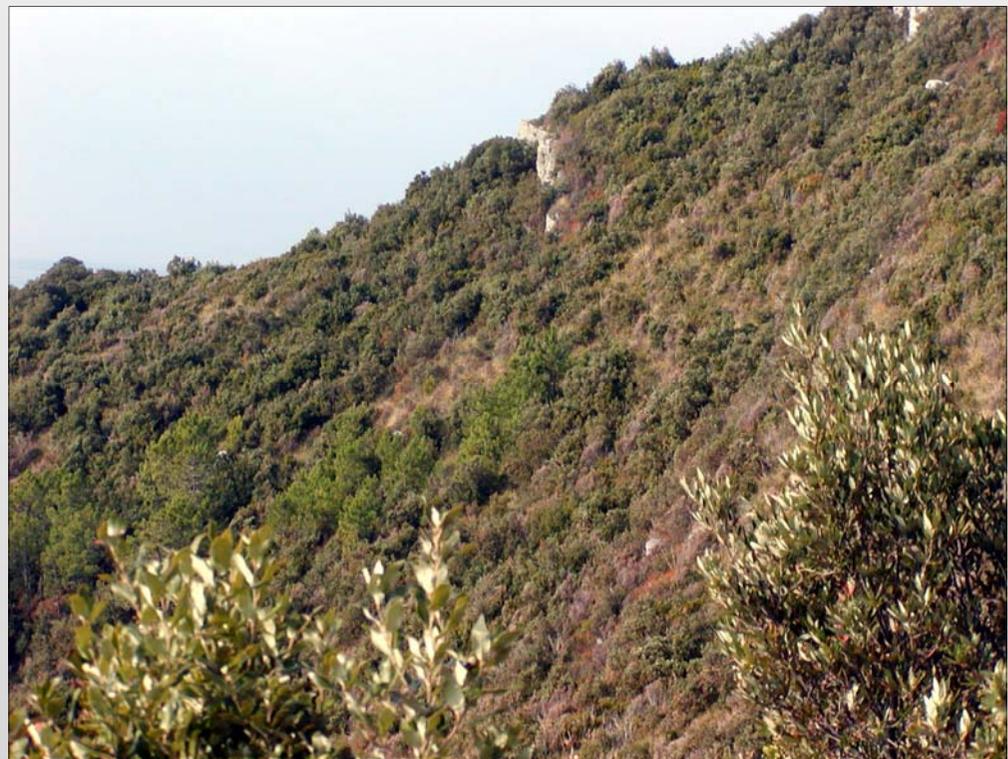
*"...Sono assimilati a bosco:*

*a) i fondi gravati dall'obbligo di rimboschimento per le finalità di difesa idrogeologica del territorio, qualità dell'aria, salvaguardia del patrimonio idrico, conservazione della biodiversità, protezione del paesaggio e dell'ambiente in generale;*

*b) le aree forestali temporaneamente prive di copertura arborea e arbustiva a causa di utilizzazioni forestali, avversità biotiche o abiotiche, eventi accidentali, incendi;*

*c) le radure e tutte le altre superfici d'estensione inferiore a 2000 metri quadrati che interrompono la continuità del bosco.*

*6. Nelle more dell'emanazione delle norme regionali di cui al comma 2 e ove non diversamente già definito dalle regioni stesse si considerano bosco i terreni coperti da vegetazione forestale arborea associata o meno a quella arbustiva di origine naturale o artificiale, in qualsiasi stadio di sviluppo, i castagneti, le sugherete e la macchia mediterranea, ed esclusi i giardini pubblici e privati, le alberature stradali, i castagneti da frutto in attuazione di coltura e gli impianti di frutticoltura e d'arboricoltura da legno di cui al comma 5. Le suddette formazioni vegetali e i terreni su cui essi sorgono devono avere estensione non inferiore a 2.000 metri quadrati e larghezza media non inferiore a 20 metri e copertura non inferiore al 20 per cento,*



*Macchia mediterranea - Comune di Portovenere, isola Palmaria (SP).*

*Si tratta di un tipo di vegetazione che ai sensi della legge nazionale è da considerarsi bosco a tutti gli effetti; un eventuale incendio che dovesse interessare questa formazione arbustiva sarà da considerare come incendio boschivo .*

*con misurazione effettuata dalla base esterna dei fusti. È fatta salva la definizione bosco a sughera di cui alla legge 18 luglio 1956, n. 759. Sono altresì assimilati a bosco i fondi gravati dall'obbligo di rimboschimento per le finalità di difesa idrogeologica del territorio, qualità dell'aria, salvaguardia del patrimonio idrico, conservazione della biodiversità, protezione del paesaggio e dell'ambiente in generale, nonché le radure e tutte le altre superfici d'estensione inferiore a 2000 metri quadri che interrompono la continuità del bosco...."*

Nel presente manuale verranno esaminati tutti quegli aspetti tecnici che riguardano la dinamica non solo degli incendi boschivi in senso stretto, così come definiti dalle norme citate, ma di tutti quegli eventi in cui nel processo di combustione sia coinvolto del combustibile vegetale, sia esso un bosco, una semplice prateria di graminacee o un oliveto.

## 1.2 FENOMENO DELLA COMBUSTIONE

Il fuoco rappresenta una reazione chimica di ossidazione che ha inizio quando un combustibile, ovvero una sostanza capace di bruciare, viene sottoposto ad una intensa fonte di calore in presenza di ossigeno.

Per attivare la reazione della combustione l'apporto di calore al combustibile deve essere sufficiente a fargli raggiungere la cosiddetta **temperatura di accensione**, al di sotto della quale il processo non si attiva.

Pertanto affinché si inneschi un fuoco è necessaria la coincidenza nello stesso punto e nello stesso momento dei tre elementi che compongono il noto "**triangolo del fuoco**", i cui lati corrispondono ad uno dei tre elementi necessari al processo di combustione.



Una volta che il combustibile ha raggiunto la temperatura di accensione il processo prosegue senza necessità di ulteriore apporto di calore, in quanto la reazione stessa si autoalimenta.

Il processo di combustione dà luogo ad una serie di prodotti raggruppabili nelle seguenti categorie:

- **gas (ossido di carbonio, anidride carbonica, composti di carbonio e idrogeno, vapor d'acqua)**
- **luce**
- **calore**
- **particelle solide parzialmente o totalmente incombuste**
- **cenere**

Proprio le particelle solide parzialmente o totalmente incombuste, che vengono trasportate verso l'alto dall'aria calda, costituiscono con il vapore d'acqua il **fumo**; elemento caratterizzante il fenomeno del fuoco insieme alla **fiamma**.

Il fumo costituisce un indice importante per la valutazione della fase di combustione in atto; infatti, in relazione al colore dominante del fumo sovrastante un incendio si può dedurre il tipo di combustione in atto.

Colonne di fumo di colore bianco o grigio chiaro indicano una elevata presenza di vapore d'acqua, che contraddistingue gli incendi nella fase iniziale; mentre fumi neri o bruni indicano la presenza nell'aria di particelle carboniose incombuste, tipiche di processi di combustione in fase avanzata.

Come già evidenziato, quando il fuoco si può diffondere liberamente perché il combustibile non è circoscritto nello spazio ed è presente in quantità sufficiente ad alimentare un processo durevole di combustione si parla di **incendi**.

Gli **incendi di vegetazione** si contraddistinguono per il tipo di combustibile coinvolto che è rappresentato dalla sostanza vegetale viva e morta (cellulosa, lignina, ecc.).

Tra gli elementi costitutivi del materiale vegetale il **legno** è quello che riveste la maggiore importanza sotto il profilo degli incendi, in quanto la sua combustione si caratterizza per un'elevata emissione di energia termica.

Quando vi è presenza abbondante di aria, cosa che si verifica negli ambienti naturali aperti, la combustione del legno viene detta **viva o rapida** e può essere schematicamente suddivisa in tre fasi distinte:

### 1. Preriscaldamento

- il combustibile viene riscaldato
- il combustibile perde l'acqua costituente l'umidità del legno (temperatura intorno ai 70° C)
- il combustibile viene parzialmente distillato e si ha l'emissione di sostanze gassose non combustibili (temperatura max intorno ai 150°-200° C) - reazione endotermica

### 2. Completa distillazione delle sostanze gassose loro accensione e combustione (fase esotermica con liberazione di energia)

- l'accensione è l'anello di congiunzione tra prima e seconda fase (temperatura max intorno ai 300°- 400° C)
- la combustione dei gas emessi nel processo di distillazione (monossido di carbonio, metano, ecc.) produce fiamme, vapore d'acqua e anidride carbonica
- il fumo è costituito da distillati non completamente combustibili (fumo bianco quando sono misti a vapore d'acqua)

### 3. Combustione solida

- il carbone rimasto dopo la distillazione brucia come un solido con ossidazione in superficie (temperature oltre gli 800° C)
- Il prodotto principale è l'anidride carbonica, l'acqua è stata allontanata nelle prime due fasi

Per innescare il processo di combustione e provocare un incendio è sempre necessario un apporto di calore al combustibile vegetale proveniente dall'esterno per cause dipendenti dall'uomo o, molto più raramente, per cause naturali (fulmini, ecc.).



*Stadio iniziale di focolaio sviluppatosi in vegetazione arbustiva ed erbacea costituita da combustibili cosiddetti leggeri ad elevato rapporto superficie/volume. In questo caso l'apporto di calore fornito dalla fiamma viva potrà dar luogo alla fase di preriscaldamento del materiale legnoso di maggiori dimensioni prossimo al focolaio, sino al raggiungimento della fase di accensione e autoalimentazione del processo.*

Le diverse fasi della combustione tendono a coesistere in un materiale legnoso che arde, in quanto il processo di combustione procede dall'esterno verso l'interno dei tessuti legnosi per cui le fasi tendono a ripetersi in relazione al settore di legno interessato.

Oltre alla combustione viva o rapida esiste un tipo di combustione che viene detta **lenta** che si verifica quando la disponibilità di aria e quindi di ossigeno è limitata. Si tratta di una combustione caratterizzata da una fase esotermica che si verifica a temperature più basse senza la formazione di fiamma viva.

Questo è il caso che si verifica negli **incendi sotterranei** dove il tipo e la disposizione del combustibile vegetale interessato limita la circolazione dell'aria. Per quanto riguarda la dinamica di questo tipo di incendi si rimanda alla consultazione del [paragrafo 1.5.1](#).

## 1.3 PROPAGAZIONE DEL FUOCO

La propagazione del fuoco prende avvio da un focolaio iniziale il cui calore, emesso nel corso del processo di combustione, si trasmette ai combustibili vegetali più o meno prossimi al focolaio che; questi ultimi, raggiunta la temperatura di accensione iniziano ad ardere.

Esistono tre forme di trasmissione del calore e conseguentemente tre modalità di propagazione del fuoco:

- **Convezione**
- **Irraggiamento**
- **Conduzione**

### 1. Convezione

Quando una massa di aria si scalda, aumentando la sua temperatura rispetto all'aria circostante, ha la tendenza a salire verso l'alto per effetto della sua minore densità e, conseguentemente, viene sostituita da altra aria più fredda che, una volta scaldata, tenderà ad andare verso l'alto originando una corrente ascendente di aria calda.

In questo caso il calore verrà trasmesso verso l'alto per mezzo di una corrente d'aria; questo tipo di trasmissione del calore prende il nome di **convezione**.

Il calore sprigionato nel corso di un incendio genera delle correnti di aria calda che tendono a riscaldare il combustibile incontrato lungo il loro percorso, favorendo la propagazione del fuoco.

### 2. Irraggiamento

Nell'**irraggiamento** il calore si trasmette sempre attraverso l'aria ma in questo caso senza che vi sia movimento della stessa. Il passaggio del calore che si irradia in tutte le direzioni avviene tramite raggi, così come avviene per le onde elettromagnetiche.

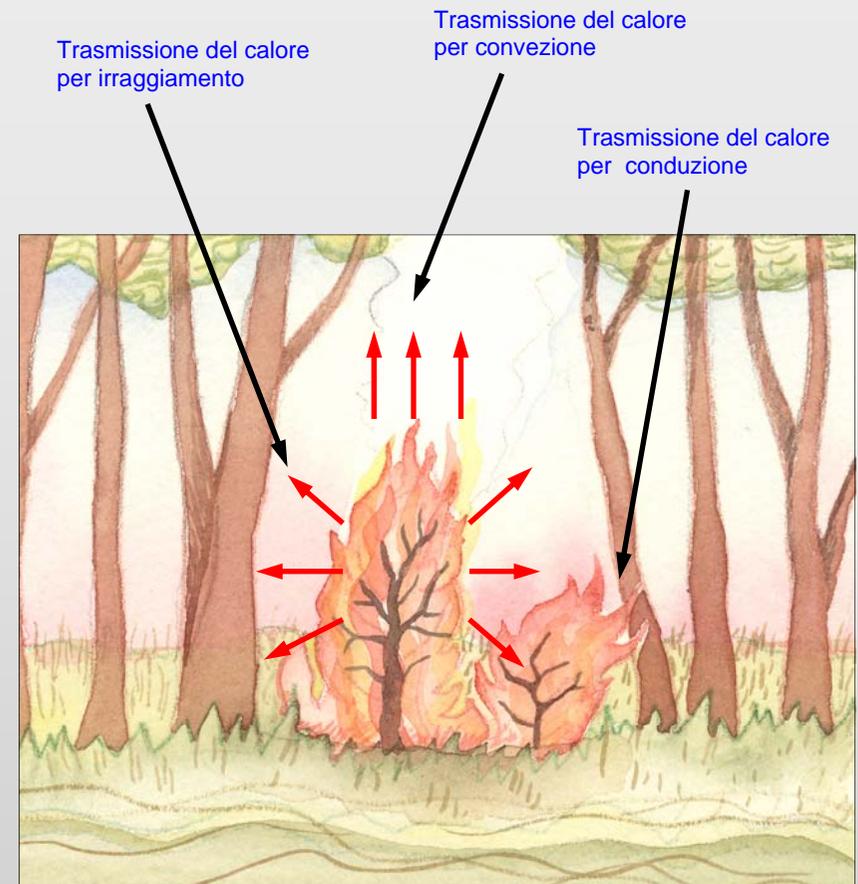
Il flusso di energia radiante si avverte solo su brevi distanze ed è proporzionale alla temperatura che caratterizza il processo di combustione in atto.

Per i suddetti motivi negli incendi forestali la propagazione del calore per irraggiamento riguarda unicamente la vegetazione prossima a quella in combustione.

### 3. Conduzione

Nel caso della **conduzione** il calore si trasmette all'interno di un corpo, da molecola a molecola, senza che vi sia spostamento di materia. Il calore si sposta naturalmente da zone della materia a maggiore temperatura verso zone a minore temperatura.

Questa forma di trasmissione del calore si verifica quando esiste un contatto diretto tra le piante in combustione e il resto della vegetazione non ancora interessata dal fuoco. Negli incendi boschivi la propagazione del calore per conduzione è minima, in quanto il legno è un cattivo conduttore.



*Focolaio di incendio di vegetazione in cui la propagazione del Fuoco avviene per effetto delle tre forme possibili di trasmissione del calore.*

Queste tre forme di trasmissione del calore coesistono nel corso di un incendio anche se, a seconda delle situazioni, può prevalere l'una rispetto all'altra.

Ad esempio, nel caso della convezione questa forma di trasmissione del calore è favorita dall'azione del vento che, oltre a dar luogo all'inclinazione della fiamma, sposta forzatamente le masse d'aria calda presenti in prossimità del fronte di avanzamento dell'incendio verso la vegetazione antistante che, in questo modo, subisce un preriscaldamento che accelera il processo di combustione.

## 1.3.1 LE FASI EVOLUTIVE DELL'INCENDIO DI BOSCO

L'incendio boschivo è un evento dinamico, in continua evoluzione; così come nel processo di combustione si distinguono delle fasi caratterizzate da una serie di manifestazioni esterne, allo stesso modo, la dinamica di un incendio attraversa delle fasi cronologicamente distinte la cui manifestazione e durata dipendono da una serie di fattori tra i quali spiccano principalmente il [tipo di combustibile vegetale](#) interessato dalla combustione e le [condizioni meteorologiche](#) esistenti al momento dell'evento.

In particolare si possono individuare le seguenti fasi evolutive:

### 1. Fase iniziale di crescita

L'intensità del fronte dell'incendio è piuttosto bassa.

Le fiamme pur automantenendosi non sono in grado di fornire sufficiente energia per pre-riscaldare grandi quantità di combustibile e di conseguenza la velocità di propagazione del fuoco è contenuta.

Nella fase iniziale di crescita l'incendio è di tipo **radente**.

In questa fase può essere ancora possibile estinguere l'incendio con un attacco diretto.

### 2. Fase di transizione

L'intensità dell'incendio aumenta ed il fronte avanzante assume dimensioni maggiori; l'incremento dell'emanazione termica favorisce il preriscaldamento del combustibile prossimo al fronte.

In questa fase si cominciano a generare **moti convettivi** più o meno irregolari sottoforma di correnti di aria al suolo dirette verso il fuoco, che apportando ossigeno contribuiscono ad aumentare la velocità di propagazione del fuoco.

L'incendio, che sino ad ora è stato radente, se le caratteristiche del popolamento

### 3. Fase finale

L'incendio raggiunge la sua massima intensità possibile svincolandosi, almeno in parte, dalle condizioni meteorologiche esistenti; per l'enorme quantità di energia termica liberata, dal fronte di avanzamento dell'incendio, si forma un clima locale che a sua volta condiziona il comportamento del fuoco.

In questa fase si ha la formazione di **colonne convettive** organizzate associate alla presenza di fenomeni di **spotting** e di **vortici** (vedi [paragrafo 1.3.4](#)). Questa fase contraddistingue gli incendi più devastanti dove l'intervento di estinzione deve essere impostato con una strategia a medio/lungo termine.

### 4. Fase di decadimento

In questa fase si ha la decelerazione della velocità del fronte di avanzamento e una diminuzione progressiva dell'intensità dell'incendio; può essere lenta o anche improvvisa e avviene in conseguenza di mutate condizioni meteorologiche, topografiche, delle caratteristiche del combustibile vegetale interessato.

Da incendio di chioma tende a diventare di tipo radente.

Tale fase può manifestarsi nelle ore notturne in coincidenza della variazione del regime di brezza e dell'aumento di umidità dell'aria oppure quando il fronte, raggiungendo e superando una cresta montana, continua il suo avanzamento in discesa.

Dall'analisi delle suddette fasi evolutive emerge con evidenza l'importanza e la necessità di intervenire in maniera tempestiva sul principio di incendio, quando ancora ci si trova nella fase iniziale di crescita, per evitare che si passi alle fasi successive che creano notevoli problemi operativi e richiedono l'impiego di numerosi uomini e ingenti mezzi.



G. Lodola

*Incendio di macchia foresta di leccio in una fase di transizione particolarmente violenta Comune di Vernazza (SP), località Monte Santa Croce, agosto 1998.*

## 1.3.2 PARAMETRI CHE CARATTERIZZANO L'INCENDIO DI VEGETAZIONE

Un incendio di vegetazione pur essendo un fenomeno naturale estremamente mutevole può essere definito, in termini quantitativi, da una serie di parametri oggettivi correlati tra loro.

In particolare tra le varie grandezze che caratterizzano un incendio si possono indicare le seguenti:

- **La velocità di avanzamento del fronte di fiamma**
- **La lunghezza della fiamma**
- **Il tempo di residenza della fiamma**
- **L'intensità lineare del fronte di fiamma**

### 1. La velocità di avanzamento del fronte di fiamma

La conoscenza della velocità di progressione di un incendio e quindi delle superfici di territorio che possono essere percorse dal fuoco in un dato tempo assume una particolare rilevanza operativa.

E' un parametro particolarmente importante nella valutazione di un incendio in quanto condiziona le strategie di estinzione. Viene espressa in centimetri al secondo o in metri all'ora.

La velocità di progressione di un incendio può variare da pochi centimetri al secondo sino a 100-150 cm al secondo con punte di 350 cm al secondo, in incendi particolarmente rapidi.

La velocità varia in funzione dell'intensità del vento ma anche della tipologia e della quantità di combustibile bruciabile.

Indagini sperimentali hanno confermato che in incendi di bosco, all'aumentare del vento aumenta più che proporzionalmente la velocità di progressione del fuoco, almeno sino a velocità del vento di circa 40 Km/h oltre la quale l'effetto di quest'ultimo tende a rallentare l'avanzamento.

Per quanto riguarda la massa di combustibile che può bruciare, più questa aumenta maggiore sarà la velocità di progressione del fuoco.

### 2. La lunghezza della fiamma

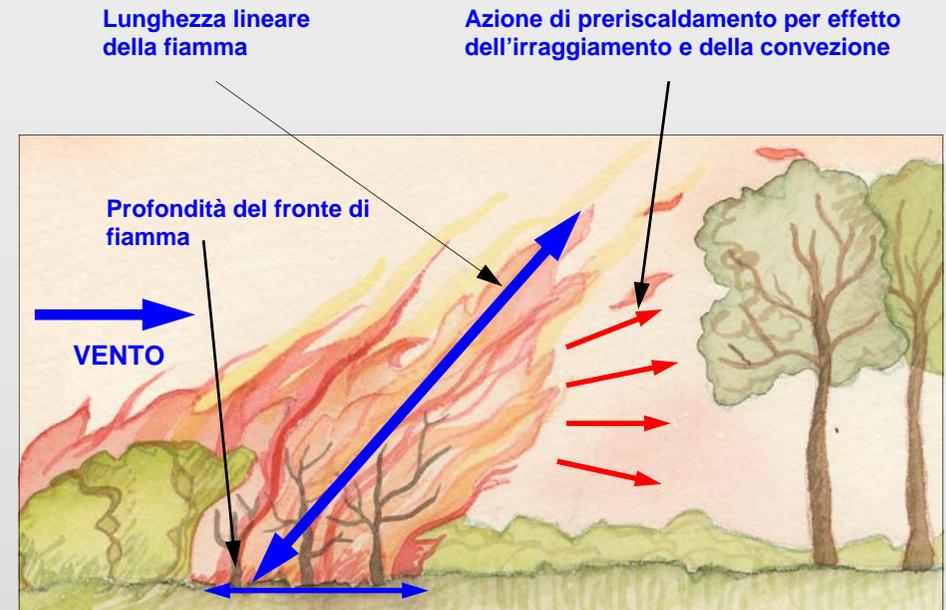
Si tratta della lunghezza lineare della fiamma che caratterizza il fronte di avanzamento dell'incendio.

In assenza di vento corrisponde all'altezza della fiamma, ma poiché raramente si ha una disposizione verticale della fiamma si usa considerarne la sua lunghezza.

Gli studiosi del settore hanno elaborato la seguente espressione matematica per quantificarla:

$$L = 0,45 \times I^{0,46}$$

L = lunghezza della fiamma in metri  
I = intensità del fronte di fiamma in Kw/m



*Fronte di fiamma avanzante in cui è stata evidenziata la profondità e la lunghezza della fiamma la cui inclinazione, dovuta alla componente del vento, determina un preriscaldamento del combustibile antistante.*

Come risulta dalla funzione matematica la lunghezza della fiamma aumenta proporzionalmente all'aumentare dell'intensità del fronte dell'incendio.

L'altezza di fiamma è in correlazione con il parametro della velocità di avanzamento del fronte, in quanto tanto maggiore sarà la velocità tanto minore sarà la lunghezza della fiamma.

La lunghezza della fiamma può oscillare da valori al di sotto del metro, quindi ancora controllabile con un attacco diretto con mezzi manuali, sino a oltre i 30 metri, in situazioni incontrollabili che richiedono interventi indiretti a distanza. Quando si indica la lunghezza della fiamma si intende un valore medio riscontrabile sul fronte dell'incendio e non la sporadica fiammata isolata che può essere anche notevolmente più lunga.

La lunghezza della fiamma è un parametro rilevante sotto il profilo operativo perché permette di valutare le modalità di estinzione in termini di **attacco diretto** o **attacco indiretto** al fronte dell'incendio.

## segue 1.3.2 PARAMETRI CHE CARATTERIZZANO L'INCENDIO DI VEGETAZIONE

### 3. Il tempo di residenza della fiamma

Il tempo di residenza della fiamma corrisponde al tempo che impiega la fiamma a bruciare completamente il combustibile su di un'unità di superficie.

Negli incendi caratterizzati da basse velocità di avanzamento del fronte si ha un maggiore tempo di residenza della fiamma.

Il tempo di residenza varia poi in funzione della profondità del fronte di fiamma e delle caratteristiche del combustibile. Infatti, combustibili che bruciano più lentamente, quali i cosiddetti combustibili pesanti caratterizzati da un basso rapporto superficie/volume (grossi rami, tronchi, ecc.), rallentano la velocità di avanzamento del fuoco ed aumentano il tempo di residenza della fiamma.

L'aumento del tempo di residenza della fiamma produce dei danni maggiori a carico della vegetazione; ciò è ben evidente nelle aree percorse dal fuoco, spesso caratterizzate da un mosaico di situazioni diverse, in cui a zone dove la vegetazione appare completamente calcinata dal fuoco si alternano altre nelle quali le piante appaiono appena preriscaldate (vedi foto). Queste differenze sono proprio dovute a diversi tempi di residenza della fiamma.

### 4. L'intensità lineare del fronte di fiamma

Si tratta dell'energia termica emanata dal fronte di un incendio nell'unità di tempo per ogni metro lineare di fronte avanzante.

In bibliografia l'intensità lineare è definita dalla seguente espressione proposta in origine da Byram:

$$I = M \times Q \times V$$

I = intensità lineare del fronte di fiamma (kw/metro x sec)  
M = massa di combustibile bruciata per unità di area (kg/m<sup>2</sup>)  
Q = potere calorifico del combustibile (J/kg)  
V = velocità di avanzamento del fronte di fiamma (m/sec)

Nell'espressione matematica l'intensità è direttamente proporzionale alla velocità di avanzamento del fronte, alla massa combustibile (cosiddetto carico di incendio) e al suo potere calorifico. A parità di velocità di avanzamento del fuoco l'intensità sarà tanto maggiore quanto maggiore sarà la massa combustibile disponibile ed il suo potere calorifico.

Generalmente i valori dell'intensità di un incendio possono variare da poche decine di kw/m a diverse migliaia.

In relazione al valore dell'intensità si parla di **incendi a bassa intensità** o di **incendi ad alta intensità**.

I primi risentono delle condizioni meteorologiche locali ed hanno un flusso termico convettivo e radiante che influenza la vegetazione posta a pochi metri di distanza dal fronte avanzante; vengono detti a due dimensioni in quanto condizio-

Zona di passaggio del fuoco ad elevata intensità. In questo caso l'incendio ha interessato anche le chiome degli alberi

Zona di passaggio del fuoco a bassa intensità. In questo caso l'incendio è di tipo radente nel sottobosco



Bosco di pino marittimo percorso dal fuoco, sono evidenziate le aree interessate dal passaggio del fronte di incendio ad intensità, velocità e tempo di residenza diversi - Montemarcello (SP)

nano unicamente lo spazio bidimensionale della superficie di territorio che stanno percorrendo.

Gli incendi ad alta intensità hanno invece un elevato flusso termico convettivo che condiziona, non solo, la vegetazione posta a distanza orizzontale dal fronte ma anche gli strati alti del popolamento; inoltre, entro certi limiti, si svincolano dalle condizioni meteorologiche locali creando loro stessi dei fenomeni climatici, come la formazione di forti venti centripeti, di origine convettiva, generati dal richiamo di aria verso la zona in combustione.

Vengono detti a tre dimensioni in quanto condizionano lo spazio sia orizzontale che verticale.

Generalmente le temperature che si raggiungono alla testa di un incendio di bassa/media intensità oscillano tra i 250° ed i 500° C mentre negli incendi ad alta intensità si possono superare i 1000° C.

### 1.3.3 FORMA DELL'INCENDIO

Una volta che il processo di combustione ha avuto inizio e si è formato il primo focolaio di un incendio, la fiamma si va estendendo al suo intorno formando una linea perimetrale che avanza e lascia, dietro di sé, un'area già bruciata.

In un terreno pianeggiante, con vegetazione uniforme e in assenza di vento, il fuoco avanza uniformemente in tutte le direzioni creando un perimetro dell'incendio di tipo circolare.

Queste condizioni sono difficilmente presenti in contemporanea per cui, nella maggioranza dei casi, l'incendio assume una forma assimilabile ad una ellisse, in cui l'asse maggiore che coincide con l'asse di avanzamento del fronte è la risultante della direttrice del vento dominante e della pendenza media del versante.

La velocità e l'intensità di avanzamento del fuoco sarà diversa nei vari punti del perimetro di questa ellisse.

L'asimmetria della forma dell'incendio fa sì che si possano distinguere le seguenti parti:

#### CODA

Si tratta del punto di inizio dell'incendio coincidente con l'estremità dell'ellisse dove il fuoco avanza con lentezza.

#### FIANCHI

Sono i bordi laterali dell'ellisse dove il fuoco avanza con velocità intermedia tra la coda e la testa. I fianchi possono avere velocità e intensità diverse tra loro

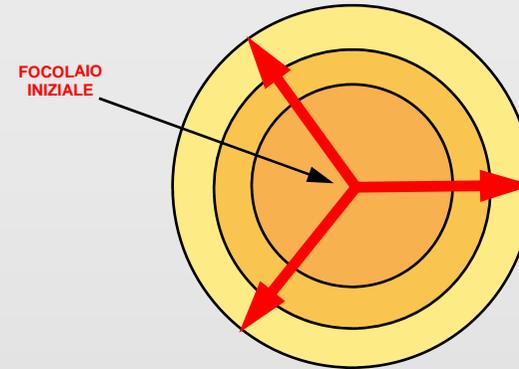
#### TESTA

E' l'estremità dell'ellisse dove il fuoco avanza più rapidamente e raggiunge l'intensità maggiore.

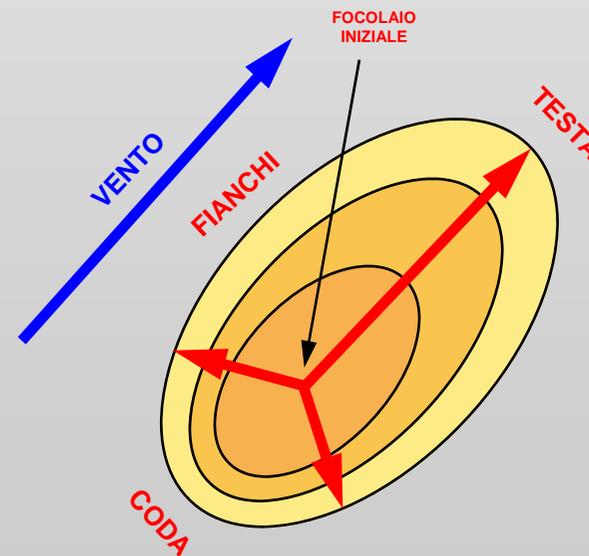
La **testa** dell'incendio avanzerà più rapidamente quanto più forte soffierà il vento e più pendente sarà il versante nel caso il fuoco proceda verso l'alto, a favore di pendenza.

La pendenza infatti agisce come il vento, inclinando la fiamma ne aumenta la velocità di progressione per effetto del preriscaldamento che opera sul combustibile posto immediatamente più a monte.

Viceversa nei **fianchi** e nella **coda** il fuoco non si avvantaggia delle condizioni appena descritte e pertanto avrà una velocità di avanzamento minore per cui potrà essere attaccato direttamente dal personale AIB con maggiore facilità.



Modello della progressione del fuoco da un focolaio iniziale, in assenza di vento, su terreno pianeggiante, con omogeneità di vegetazione e in assenza di ostacoli.



Modello della progressione del fuoco da un focolaio iniziale, nelle stesse condizioni della figura sopra ma in presenza di vento

### segue 1.3.3 FORMA DELL'INCENDIO

In realtà, osservando le planimetrie di territori percorsi dal fuoco ci si rende conto che la forma dell'incendio è generalmente irregolare; ciò si spiega in quanto sulla velocità di avanzamento e sull'intensità dell'incendio influiscono una serie di fattori quali la composizione e la struttura della vegetazione, la presenza di barriere naturali o artificiali, la conformazione del terreno ed il mutare dei fattori climatici; tutte queste variabili tendono a frammentare la testa dell'incendio in più fronti, ognuno dei quali assumerà la forma di **lingua autonoma**, a morfologia irregolare e caratterizzata da una diversa velocità di progressione del fuoco.

La formazione di lingue autonome che si sviluppano parallele ai fianchi dell'incendio principale determinano l'isolamento di aree di territorio che non vengono percorse dal fuoco, le cosiddette **tasche**. Può succedere che le tasche diventino delle isole non bruciate nel momento in cui la lingua, nella sua progressione, si va a ricongiungere al fianco dell'incendio.



*Incendio verificatosi lungo il versante del Monte Castellana, in Comune di Portovenere (SP), nell'agosto del 2003. Si noti la forma dell'incendio contraddistinta da due lingue principali che si sviluppano lungo il versante*

## 1.3.4 COMPORTAMENTI PARTICOLARI DEL FUOCO

Come evidenziato nel [paragrafo 1.3.1](#) la dinamica di un incendio di vegetazione attraversa delle fasi cronologicamente distinte.

Gran parte degli incendi di vegetazione sono caratterizzati da bassa e media intensità del fronte del fuoco, alcuni eventi, in particolari condizioni climatiche, topografiche e vegetazionali, manifestano invece una elevata intensità e danno luogo a particolari manifestazioni del fuoco quali:

- **colonne convettive**
- **vortici di fuoco**
- **fenomeni di spotting**

### Colonne convettive

Le colonne convettive si generano in concomitanza di incendi ad elevata intensità che danno origine ad un intenso flusso di aria calda che converge verso la zona più attiva dell'incendio stesso (si generano veri e propri venti locali) e sale verso l'alto, creando la tipica morfologia a fungo della colonna di fumo, ben visibile a grande distanza, in cui il cappello terminale rappresenta la zona di condensazione del vapore.

In pratica si determina una vera e propria perturbazione nella zona di atmosfera prossima all'incendio al punto che il vento eventualmente presente nell'area viene deviato come se la colonna convettiva fosse un vero e proprio ostacolo solido.

Affinchè si formi una colonna convettiva, oltre all'elevata intensità dell'incendio, non devono esserci venti forti che tendono a disperdere il flusso delle correnti ascensionali.

Le forti correnti ascensionali che caratterizzano le colonne convettive possono innalzare i frammenti vegetali incandescenti sino all'altezza dove spirano i venti in quota, che sono in grado di trasportarli a grandi distanze generando la formazione di focolai secondari; questo tipo di fenomeno viene chiamato di "**long range spotting**".

### Vortici di fuoco

Un'altra manifestazione del fuoco collegata a incendi particolarmente violenti è rappresentata dai vortici che consistono in movimenti rotatori elicoidali dell'aria surriscaldata a velocità che possono raggiungere 400 km/ora, associati a volte alla presenza di gas in combustione. In pratica sono generati da moti rotatori dell'aria in presenza di focolai di combustione; la combinazione dell'energia del focolaio con il violento movimento d'aria dà luogo alla formazione del vortice.

Gli studi hanno evidenziato che i vortici possono generarsi in quelle situazioni topografiche in cui si verifica la convergenza di correnti d'aria provenienti da

direzioni diverse e dove è presente una instabilità dell'aria che può creare turbolenze. In questo senso le situazioni topografiche predisponenti possono essere le zone di cresta e le valli strette

I vortici generalmente misurano da poche decine di centimetri sino a 3 metri di diametro e raggiungono un'altezza di 15-18 metri (eccezionalmente sono stati misurati vortici alti sino a 200 m).

Si tratta di fenomeni abbastanza rari che si originano in prossimità del perimetro dell'incendio o centralmente all'incendio stesso all'interno della zona di combustione attiva; vanno tenuti in debita considerazione in quanto possono costituire un pericolo per il personale impegnato nelle operazioni di spegnimento.

### Fenomeni di spotting

Per quanto riguarda infine i fenomeni di spotting si rimanda al [paragrafo 1.4.2.b](#) relativo all'azione del vento sugli incendi.



Vortici di fuoco.

## 1.4 FATTORI CHE INFLUENZANO IL COMPORTAMENTO DEL FUOCO

Il comportamento del fuoco e quindi la dinamica evolutiva di un incendio boschivo è influenzato da una serie di variabili che interagiscono tra loro e che possono essere raggruppate in tre categorie principali:

- **I combustibili vegetali**
- **I fattori climatici**
- **I fattori topografici**

I singoli fattori ed i loro effetti sulla propagazione del fuoco verranno esaminati in dettaglio nei paragrafi [1.4.1](#) - [1.4.2](#) - [1.4.3](#)

### **I combustibili vegetali** [paragrafo 1.4.1](#)

I combustibili vegetali sono rappresentati dall'insieme della vegetazione viva e morta, aerea, superficiale e sotterranea che caratterizzano una determinata formazione quale può essere un bosco, una macchia o un arbusteto.

Come già evidenziato il combustibile vegetale è una delle tre componenti del triangolo del fuoco e pertanto è indispensabile per il processo di combustione.

Le caratteristiche dei combustibili come la forma, la distribuzione spaziale o il contenuto in umidità, sono determinanti per il comportamento del fuoco.

### **I fattori climatici** [paragrafo 1.4.2](#)

I fattori climatici a loro volta incidono sullo stato del combustibile vegetale, determinandone il grado di umidità e la temperatura, ma anche sulla modalità di propagazione del fuoco soprattutto per effetto del vento.

### **La topografia** [paragrafo 1.4.3](#)

La topografia del terreno la più costante di tutti i fattori influisce sia sulle caratteristiche dei combustibili sia sulle condizioni climatiche oltre che sulla propagazione del calore.

L'estrema variabilità di questi fattori nello spazio e nel tempo fa sì che le combinazioni possibili siano innumerevoli, per questo l'incendio di vegetazione è un fenomeno dinamico, in continua mutazione, la cui valutazione richiede particolare esperienza.

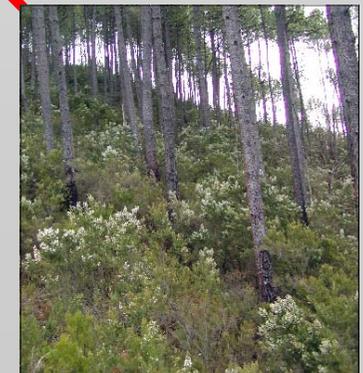
### CLIMA



### TOPOGRAFIA



### COMBUSTIBILE



## 1.4.1 COMBUSTIBILI VEGETALI

Come già evidenziato il combustibile vegetale riveste un'importanza particolare nella valutazione del rischio di incendio.

E' proprio la predisposizione più o meno spiccata ad infiammarsi e a bruciare, delle diverse formazioni vegetali, che condiziona l'evoluzione degli incendi.

La conoscenza di queste caratteristiche si rivela fondamentale per organizzare un efficace intervento di estinzione.

Innanzitutto bisogna distinguere le caratteristiche di combustibilità e infiammabilità delle singole parti ed organi delle piante (foglie, gemme, rami, tronchi, radici, fiori, ecc.) da quelle delle formazioni vegetali, considerate nel loro complesso.

Le **formazioni vegetali** rappresentano l'insieme di individui associati a formare un consorzio vegetale in cui predominano una o più specie, che danno una connotazione precisa al raggruppamento la cosiddetta "fisionomia" (la **fustaia** di Pino marittimo, la **macchia** mediterranea a prevalenza di Leccio, ecc.).

Le caratteristiche delle singole specie che compongono una comunità vegetale condizionano la combustibilità e la infiammabilità dell'intera formazione ed, in particolare, sarà la specie dominante ad influenzare in maniera determinante questi aspetti del popolamento.

Nel caso delle singole parti delle piante si parlerà di **microstruttura del combustibile** mentre per le formazioni vegetali di **macrostruttura del combustibile**.

A titolo esemplificativo viene riportata una tabella nella quale sono evidenziate sinteticamente le caratteristiche del combustibile vegetale, inteso sia come singola parte di una pianta (microstruttura) che come formazione vegetale (macrostruttura), condizionanti il propagarsi del fuoco.

Nella prima colonna sono riportate le caratteristiche del combustibile che vanno considerate nella valutazione del rischio di incendio, nella seconda il significato attribuito al singolo fattore considerato ed infine, nella terza come varia la propagazione del fuoco al variare del fattore vegetazione.

**TABELLA SINOTTICA DELLE CARATTERISTICHE DEI COMBUSTIBILI VEGETALI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO DEL FUOCO**

CARATTERISTICHE DEL COMBUSTIBILE	ELEMENTI ESSENZIALI	EFFETTI SULLA PROPAGAZIONE DEL FUOCO
<u><a href="#">INFIAMMABILITA'</a></u>	La predisposizione di un combustibile vegetale ad infiammarsi	All'aumentare del grado di infiammabilità aumenta la velocità di propagazione del fuoco
<u><a href="#">POTERE CALORIFICO</a></u>	La quantità di calore rilasciata da un combustibile vegetale durante il processo di combustione	All'aumentare del potere calorifico aumenta l'intensità dell'incendio
<u><a href="#">QUANTITA'</a></u>	La quantità di biomassa o residui vegetali vivi e morti; rappresenta il carico di incendio di una formazione vegetale	A maggiore quantità di combustibile corrisponde maggiore intensità di propagazione del fuoco
<u><a href="#">AMPIEZZA E FORMA</a></u>	La diversa morfologia delle parti della pianta; condiziona il rapporto superficie/volume	A maggiore rapporto superficie/volume corrisponde maggiore facilità ad infiammarsi
<u><a href="#">COMPATTAZIONE</a></u>	Lo spazio libero presente all'interno del combustibile	A maggiore compattazione corrisponde minore velocità di propagazione del fuoco
<u><a href="#">UMIDITA'</a></u>	La percentuale di acqua nei tessuti vegetali rispetto al peso secco	A maggiore umidità corrisponde minore velocità di propagazione del fuoco
<u><a href="#">DISPOSIZIONE SPAZIALE</a></u>	La continuità orizzontale e/o verticale della formazione vegetale	A maggiore continuità orizzontale e verticale corrisponde maggiore velocità di propagazione del fuoco

## 1.4.1.a Grado di infiammabilità del combustibile

L'infiammabilità si riferisce alla maggiore o minore facilità che ha un combustibile nel bruciare.

Il grado di infiammabilità varia in funzione della parte di pianta interessata nella fase di riscaldamento, anche in relazione alla specie vegetale sottoposta alla fonte di calore.

In relazione alla diversa infiammabilità delle singole parti o degli organi di una pianta si possono distinguere le seguenti due categorie:

- **Combustibili leggeri o rapidi**
- **Combustibili pesanti o lenti**

### **Combustibili leggeri o rapidi**

Sono costituiti da aghi di conifere, foglie a lamina larga di latifoglie, culmi di graminacee, arbusti, ecc.; hanno la caratteristica di bruciare con gran rapidità. Questo tipo di combustibili dà luogo ad incendi di elevata velocità di propagazione ma di bassa intensità (rami morti di diametro inferiore ai 5 cm).



*Particolare dello strato di lettiera in un popolamento misto di Pino marittimo (*Pinus pinaster*) e Castagno (*Castanea sativa*) - Riccò del Golfo (SP).*

*Si noti lo stato dei residui vegetali completamente disidratati ma ancora riconducibili alle specie di appartenenza.*

### **Combustibili pesanti o lenti**

Sono costituiti da grossi rami, radici, tronchi; sono caratterizzati da un processo di combustione lento.

Questo tipo di combustibili danno luogo ad incendi di bassa velocità di propagazione ma di elevata intensità.



*Particolare della necromassa costituita da combustibili pesanti in un popolamento misto di Pino marittimo e Castagno - Rocchetta Vara (SP).*

In un incendio l'avanzare del fuoco dipenderà dal tipo di combustibile, se pesante o leggero, che predomina nel popolamento vegetale.

Il grado di infiammabilità aumenta anche in funzione della specie. In natura, esistono specie vegetali che, a parità di percentuale di umidità dei tessuti, una volta esposte ad una fonte di calore di una certa intensità, danno luogo allo sviluppo di fiamma più rapidamente di altre; questo per la presenza, soprattutto nelle foglie, di determinate sostanze chimiche volatili particolarmente infiammabili: le **resine** e gli **oli essenziali**.

## segue 1.4.1.a Grado di infiammabilità del combustibile

### Resine

Sono sostanze chimiche molto complesse, di colore variabile dal bianco al giallo-bruno, e sono presenti nelle foglie, nei fusti e nelle radici delle conifere e di altre famiglie di piante.

Le resine hanno un potere calorifico elevato che raggiunge le 8.500 cal/kg a fronte delle 4.000 ÷ 5.000 cal/kg del legno allo stato secco.



*Emissioni di resina lungo il fusto di un Pino marittimo Riccò del Golfo (SP)*

### Oli essenziali

Sono delle miscele complesse di vari idrocarburi ciclici quali terpeni, aldeidi, alcoli, chetoni ed esteri.

Hanno un aspetto oleoso, sono volatili, spesso di odore gradevole, sono insolubili e più leggeri dell'acqua e distillano a temperature inferiori a 100° C.

Così i pini, che contengono resina nei loro tessuti, bruciano meglio di altre specie che non contengono questa sostanza.

Per questa ragione il fuoco si propaga molto rapidamente nei popolamenti forestali formati da una sola specie; per esempio in una pineta, rispetto a formazioni miste di conifere e latifoglie.

Le resine e gli oli essenziali a parità di idratazione aumentano il potere calorifico dei combustibili vegetali.

Poiché la loro caratteristica è di avere un punto di ebollizione basso, sono tra le prime sostanze chimiche presenti nei tessuti vegetali ad essere liberate nell'aria nel corso del processo di combustione.

Una volta allo stato gassoso formano miscele di gas altamente infiammabili che aumentano l'altezza della fiamma e, conseguentemente, l'intensità del fronte dell'incendio.

Una percentuale di queste sostanze si può liberare nell'aria già nella fase di preriscaldamento, generata dal fronte avanzante nei confronti della vegetazione prossima all'incendio, e dar luogo così ai noti fenomeni esplosivi che prendono il nome di **torching** che, come verrà esposto nel capitolo specifico, sono caratteristici degli incendi di chioma passivi.



*Popolamento rado di Pino d'Aleppo (Pinus halepensis) con sottobosco costituito da specie della macchia mediterranea ad alto contenuto di oli essenziali - Ameglia (SP)*

Grado crescente di infiammabilità di alcune specie della macchia mediterranea

Alaterno, Erica e Sughera

Rosmarino, Lentisco e Mirto

Cisti, Corbezzolo e Fillirea

Studi di laboratorio hanno permesso di stabilire la differente predisposizione ad infiammarsi di alcune specie vegetali della macchia mediterranea in relazione alla diminuzione di umidità dei tessuti fogliari; condizione che, in ambito mediterraneo, si verifica nel periodo estivo quando si registra il minimo di precipitazioni.



Alaterno (*Rhamnus alaternus*)



Erica arborea (*Erica arborea*)



Sughera (*Quercus suber*)



Rosmarino (*Rosmarinus officinalis*)



Lentisco (*Pistacia lentiscus*)



Mirto (*Myrtus communis*)



Cisto di Montpellier (*Cistus monspeliensis*)



Corbezzolo (*Arbutus unedo*)



## 1.4.1.b Potere calorifico e quantità di combustibile

### Potere calorifico del combustibile

Per potere calorifico del combustibile vegetale si intende la quantità di calore che il combustibile emana nel corso della combustione per unità di volume.

Il potere calorifico varia in funzione della specie vegetale considerata e del suo contenuto di umidità.

Mediamente, considerando un contenuto di umidità del 15%, le specie vegetali appartenenti alla classe delle conifere hanno un potere calorifico di circa 3.800 cal/g mentre per quanto riguarda le latifoglie il valore si attesta sulle 3.700 cal/g.

Questi valori possono variare sensibilmente come dimostrano gli studi, condotti dal GIORDANO, dai quali risulta che il potere calorifico del legno di conifere con umidità del 5% è pari a circa 4.500 cal/g, con una umidità del 30% passa a 3.650 cal/g, fino a ridursi a 2.350 cal/g quando l'umidità del legno raggiunge valori del 100% di umidità.

Questi dati evidenziano come il contenuto di umidità del legno, modificando il potere calorifico, influenzi direttamente l'intensità del fronte dell'incendio.

### Quantità di combustibile

La quantità di combustibile presente in una determinata formazione vegetale costituisce il cosiddetto **carico di incendio**, il cui valore è dato dalla somma del materiale vegetale vivo e morto per unità di superficie.

In genere i carichi di incendio possono variare da poche tonnellate per ettaro sino a superare le 100 t/ha nelle formazioni particolarmente ricche di biomassa.

Un maggior carico di incendio incrementa l'energia termica liberata nel corso della propagazione del fuoco e, quindi, conseguentemente l'intensità del fronte di avanzamento delle fiamme.

Popolamenti caratterizzati da elevati carichi di incendio, in cui la biomassa presente sia costituita da una notevole presenza di combustibili pesanti morti, possono dar luogo ad incendi che evolvono rapidamente verso una fase di transizione, generando fronti di avanzamento del fuoco di grande intensità, difficilmente controllabili.

La situazione più a rischio sotto questo profilo si ha quando nella formazione forestale sia presente una grande quantità di **necromassa**, rappresentata da piante morte in piedi completamente secche, tronchi schiantati completamente secchi sul letto di caduta o chiome parzialmente disseccate; tali situazioni si verificano soprattutto in popolamenti attaccati da parassiti o colpiti da avversità meteoriche, non più sottoposti a cure selvicolturali.

La chioma inserita nella parte bassa del fusto si compenetra con la strato arbustivo, i primi palchi, completamente secchi, predispongono il passaggio da fuoco radente a fuoco di chioma.



Popolamento di Pino d'Aleppo con sottobosco costituito da specie della macchia mediterranea. La presenza di fitto sottobosco e l'impalcatura bassa delle chiome dei pini determina un elevato **carico di incendio** - Ameglia (SP)

### 1.4.1.c Ampiezza, forma e compattazione del combustibile

#### Ampiezza e forma del combustibile

Per ampiezza e forma del combustibile si intendono le caratteristiche morfologiche delle diverse parti di una pianta; si tratta di fattori che si riferiscono alla cosiddetta **microstruttura del combustibile**, che influisce anch'essa sulla predisposizione all'innesco di incendi e sulla loro successiva propagazione in una formazione vegetale.

Maggiore è lo spessore di un combustibile più tempo impiegherà ad infiammarsi; così i rami di una pianta impiegano maggior tempo per infiammarsi, se sottoposti ad una fonte di calore, rispetto alle foglie e queste ultime a seconda della forma e della sezione, bruceranno più o meno rapidamente.

In tal senso è significativo che gli aghi delle conifere si infiammano più rapidamente rispetto alle foglie di alcune latifoglie.

Questo fattore contribuisce unitamente agli altri a rendere più predisposto un popolamento all'innesco di incendi

#### Compattazione del combustibile

La compattazione del combustibile si riferisce al suo diverso grado di ammassamento che comporta una maggiore o minore circolazione dell'ossigeno all'interno del materiale vegetale stesso.

Anche in questo caso si tratta di una qualità che si riferisce alla **microstruttura del combustibile**.

Ad esempio, nelle pinete di Pino d'Aleppo e di Pino marittimo il fuoco si propaga facilmente in superficie poiché la lettiera, costituita prevalentemente dagli aghi indecomposti, non è compatta ma ben areata.

Diversamente nei boschi di numerose latifoglie (Faggio, Farnia, Rovere, ecc.) la lettiera di foglie, densa e compatta sul terreno conserva una maggiore umidità, oltre a ridurre la superficie esposta all'aria e quindi la velocità di propagazione del fuoco.



*Lettieria sotto pineta di Pino marittimo - Rocchetta Vara (SP).  
In questo tipo di combustibile di superficie il fuoco si propaga molto rapidamente.*



*Lettieria sotto lecceta - Montemarcello (SP).  
In questo tipo di combustibile di superficie il fuoco si propaga più lentamente rispetto a quanto avviene per la lettiera sotto pineta di Pino marittimo.*

#### 1.4.1.d Umidità del combustibile

Per umidità del combustibile vegetale si intende la percentuale di acqua contenuta nei tessuti della pianta rispetto al suo peso allo stato secco.

Le foglie appena germogliate di un albero o di un arbusto all'inizio della primavera contengono sino al 300% di acqua, in ogni caso la percentuale di acqua varia notevolmente durante l'arco dell'anno, sia in relazione al periodo vegetativo considerato, sia perché i tessuti delle piante tendono a mettersi in equilibrio con l'umidità dell'atmosfera e pertanto sono influenzati dalle condizioni climatiche.

Per questo motivo i venti secchi e caldi, che disidratano i tessuti vegetali hanno, un'azione pericolosamente predisponente l'innescò di incendi di vegetazione.

Il contenuto in acqua del combustibile vegetale assume una grande importanza nel processo di combustione per la sua influenza sull'accensione del materiale vegetale.

In pratica l'umidità del combustibile condiziona i seguenti processi:

- **fase di accensione nel processo di combustione**
- **maggiore/minore combustibilità del materiale vegetale**
- **emanazione termica del fronte del fuoco**

Il calore applicato ad un combustibile dotato di un'alta percentuale di umidità inizialmente servirà a far evaporare l'eccesso di acqua nei tessuti, successivamente, una volta che il combustibile sarà disidratato, darà luogo alla formazione di fiamma viva.

In generale il tenore di umidità fa aumentare il **calore specifico** e la **conduttività termica** del combustibile in modo che più calore debba essere assorbito dai tessuti vegetali perché si raggiungano le temperature di accensione.

Ne consegue che tanto più alta è la percentuale di acqua presente nel combustibile tanto maggiore sarà la quantità di calore necessaria a dar luogo all'accensione e alla formazione di fiamma viva e quindi sarà più difficoltoso l'innescò di incendi.

Secondo questo principio i combustibili morti che hanno minore umidità rispetto a quelli vivi, bruceranno con maggiore facilità, quindi la presenza di **necromassa** (l'insieme delle piante o parti di esse non più vitali) nei popolamenti forestali costituisce una fonte di pericolo per l'innescò di incendi. I frammenti fini dei combustibili morti hanno inoltre la caratteristica di poter variare il contenuto di umidità nell'arco di poche ore.

Nella valutazione della previsione di incendio è necessario tenere in grande considerazione l'umidità che caratterizza i combustibili rapidi o leggeri presenti nelle formazioni vegetali, in quanto sono quelli interessati per primi nello sviluppo di focolai; spesso preludio ad incendi di chioma di grande intensità.

Ne consegue che il grado di umidità della lettiera indecomposta o quello dello strato erbaceo rappresentano un indice importante per valutare il rischio dell'innescò di incendi; al di sotto del 30% di umidità il rischio di incendi diventa molto elevato.

L'umidità dei tessuti vegetali, soprattutto quelli fogliari, è anche influenzata dalla posizione occupata dalla pianta nel contesto della formazione.

Ad esempio, a parità di specie, arbusti di un sottobosco in un popolamento piuttosto denso, avranno una percentuale di umidità dei tessuti fogliari maggiore rispetto agli individui che vegetano in una formazione arbustiva aperta, in quanto il bosco, soprattutto di tipo mesofilo, tende a mitigare le escursioni termiche e igrometriche.

Le condizioni di umidità del combustibile sono alla base della tecnica di estinzione che prevede l'impiego di acqua o ritardanti nell'attacco indiretto al fuoco, tali metodi infatti sfruttano proprio l'azione inibente dell'acqua nel processo di combustione.

VARIAZIONE DEL CONTENUTO DI UMIDITA' DELLE FOGLIE IN RELAZIONE AL PERIODO VEGETATIVO	
STATO DELLA VEGETAZIONE	CONTENUTO DI ACQUA (%)
Foglie tenere di specie decidue all'inizio del ciclo di accrescimento	300
Foglie in maturazione, in pieno turgore	200
Foglie mature; sono comparabili al fogliame perenne	100
Foglie che cominciano a virare di colore; inizio del riposo vegetativo	50
Foglie completamente secche; da considerare come combustibile morto	< 30

## 1.4.1.e Disposizione spaziale del combustibile

Una formazione vegetale è caratterizzata da una determinata **struttura spaziale** che rappresenta il modo in cui le specie vegetali si distribuiscono nello spazio.

Nella struttura spaziale si distingue una disposizione verticale ed una orizzontale della vegetazione; si tratta di una qualità che si riferisce alla cosiddetta **macrostruttura del combustibile**.

In particolare la disposizione della vegetazione secondo un piano verticale si definisce **stratificazione** e comprende una serie di livelli o strati di differente altezza dal suolo a seconda si tratti di pascoli, macchie, arbusteti, boschi.

Schematizzando si possono distinguere due tipi di stratificazione verticale:

- **Stratificazione continua**
- **Stratificazione discontinua**

La disposizione orizzontale della vegetazione è definita invece dalla **densità** e dal **grado di copertura** del suolo da parte della vegetazione.

### Stratificazione continua

I diversi strati della formazione vegetale si sovrappongono tra loro tanto che il fuoco può passare da uno all'altro con gran facilità. In questo caso infatti la trasmissione del calore potrà avvenire secondo le tre forme possibili di convezione, irraggiamento e conduzione.

Questa situazione predispone al passaggio da un incendio di tipo radente ad uno di chioma.

Ad esempio in popolamenti continui, che presentano lo strato arbustivo connesso allo strato arboreo è facilitata la propagazione del fuoco da uno strato all'altro.

Viceversa soluzioni di continuità, sia in senso verticale che orizzontale, ostacolano la progressione del fuoco; la mancanza di sottobosco ostacola il passaggio delle fiamme alle chiome degli alberi, limitando l'incendio al livello del suolo.

La stratificazione continua predispone il passaggio da un incendio radente ad uno di chioma.

### Stratificazione discontinua

Non esiste continuità verticale negli strati di vegetazione, come accade in popolamenti forestali, privi di sottobosco arbustivo, in cui è presente solo lo strato erbaceo e i rami si inseriscono nella parte alta del fusto degli esemplari che costituiscono lo strato arboreo.

In questo caso un incendio radente difficilmente interesserà le chiome.

La disposizione verticale degli strati varia in funzione dell'età e della forma di governo e di trattamento dei boschi. Fustaie coetanee, in stadio giovanile sono caratterizzate da esemplari arborei con altezza di inserzione della chioma ridotta e, conseguentemente spesso sono contraddistinte da una stratificazione continua, in quanto la vegetazione di sottobosco è in contatto diretto con la parte bassa delle chiome degli esemplari arborei.

Viceversa nelle fustaie coetanee adulte l'altezza di inserzione della chioma può essere notevole per cui si crea uno stacco netto tra il combustibile di superficie e quello aereo determinando una stratificazione del popolamento di tipo discontinuo.

Una situazione particolare si crea nei boschi disetanei dove la presenza contemporanea di esemplari di diversa età determina una continuità verticale particolarmente pericolosa sotto il profilo dell'evoluzione degli incendi.



Altofusto di Leccio (*Quercus ilex*) - Montemarcello (SP).

Si noti la distanza esistente tra l'inserzione delle chiome degli esemplari di Leccio e la vegetazione di sottobosco che determina una stratificazione di tipo discontinuo.



Popolamento di Pino marittimo - Riccò del Golfo (SP).

Si noti la continuità verticale esistente tra il sottobosco ricco di necromassa e l'inserzione della chioma dei pini.

### Densità e grado di copertura

La disposizione orizzontale della vegetazione dipende dalla **densità** e dal **grado di copertura** del suolo da parte della vegetazione esistente, ciò, indica la maggiore o minore vicinanza tra una pianta e l'altra che condiziona la velocità di propagazione del fuoco in senso verticale.

Se la densità è alta, ovvero le piante sono molto vicine tra loro, il fuoco si propagerà rapidamente.

Anche in questo caso la vicinanza degli individui favorisce il propagarsi del fuoco, in quanto la trasmissione del calore può avvenire contemporaneamente secondo le tre forme possibili.

Dove la densità va diminuendo, saranno presenti aree senza combustibile ed il fuoco incontrerà maggiori difficoltà a propagarsi.



Rimboschimento di Abete di Douglas (*Pseudotsuga douglasii*).  
In questo caso la densità del popolamento è elevata.



Settori caratterizzati da formazioni vegetali rade che non sono stati interessati dal passaggio del fronte dell'incendio che ha letteralmente girato intorno a queste aree, creando un vero e proprio mosaico di zone bruciate e di isole o tasche non percorse dal fuoco (vedi [paragrafo 1.3.3.](#)).

Aree in cui è evidente il passaggio del fuoco.  
Si noti il fronte di avanzamento dell'incendio estremamente frastagliato e discontinuo.

Incendio in loc. Tiglieto (GE), agosto 2003.

Si noti come la propagazione del fuoco sia stata condizionata dalla diversa densità e grado di copertura del suolo delle formazioni vegetali interessate dall'incendio.

#### 1.4.1.f Comportamento dell'incendio in relazione al tipo di formazione vegetale

**PASCOLI**



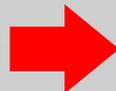
**Incendi rapidi di ridotta intensità**

**MACCHIE**



**Incendi da molto lenti a rapidi di intensità da media ad alta**

**BOSCHI**



**Incendi lenti di intensità generalmente alta**

## 1.4.2 FATTORI CLIMATICI

I fattori sin ora esaminati sono relativamente costanti nel tempo se riferiti ad una medesima porzione di territorio, al contrario le condizioni climatiche sono in continua evoluzione per questo rivestono una particolare rilevanza sotto il profilo degli incendi boschivi.

I distinti fattori, che caratterizzano la situazione meteorologica della zona al momento in cui si sviluppa un incendio ne condizionano la sua evoluzione.

A titolo esemplificativo viene riportata di seguito una tabella nella quale sono evidenziati i fattori climatici condizionanti il propagarsi del fuoco.

Nella prima colonna sono riportati i fattori che influiscono sulla evoluzione degli incendi, nella seconda le caratteristiche del singolo fattore considerato e infine nella terza colonna è indicato come varia la propagazione del fuoco al variare del singolo fattore climatico.



**TABELLA SINOTTICA DEI FATTORI CLIMATICI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO DEL FUOCO**

FATTORE CLIMATICO	CARATTERISTICHE CONDIZIONANTI	EFFETTI SULLA PROPAGAZIONE DEL FUOCO
<a href="#"><u>UMIDITA' RELATIVA DELL'ARIA</u></a>	Variazione giornaliera (notte, giorno), variazioni stagionali, ecc.	All'aumentare dell'umidità relativa dell'aria diminuisce la velocità di propagazione del fuoco
<a href="#"><u>VENTO</u></a>	Velocità, direzione, intensità, venti generali, venti locali, brezze di monte, brezze di valle, brezze di mare, ecc.	A maggiore velocità del vento maggiore velocità di propagazione del fuoco
<a href="#"><u>PRECIPITAZIONI</u></a>	Intensità, quantità di pioggia caduta, distribuzione durante l'arco dell'anno, ecc.	All'aumentare delle precipitazioni diminuisce la velocità di propagazione del fuoco
<a href="#"><u>TEMPERATURA DELL'ARIA</u></a>	Valori massimi giornalieri, andamento medio nell'arco giornaliero, ecc.	All'aumentare della temperatura dell'aria aumenta la velocità di propagazione del fuoco

## 1.4.2.a Umidità relativa dell'aria

L'umidità relativa dell'aria è tra i fattori climatici quello che riveste la maggiore importanza, in quanto condiziona sul medio lungo periodo, l'infiammabilità dei combustibili vegetali. Rappresenta il contenuto in vapor d'acqua dell'ambiente, influisce sul comportamento del fuoco nella misura in cui contribuisce a determinare l'umidità del combustibile.

**Conseguentemente quanto minore sarà l'umidità relativa dell'aria tanto maggiore sarà la disidratazione del combustibile e la sua infiammabilità; viceversa all'aumentare dell'umidità relativa i combustibili vegetali saranno più umidi e quindi meno infiammabili.**

L'aria contiene sempre vapore acqueo e la quantità di vapore acqueo presente nell'aria dipende dalla temperatura.

- **Maggiore** è la temperatura e maggiore quantità di vapore acqueo presente nell'aria
- **Minore** temperatura e minore quantità di vapore acqueo presente nell'aria

L'umidità dell'aria viene generalmente espressa in termini di umidità relativa .

Una determinata massa d'aria può contenere vapor d'acqua fino ad una certa soglia raggiunta la quale l'aria risulta satura.

Il rapporto percentuale tra la quantità effettiva di vapor d'acqua e la quantità di vapor d'acqua necessario a raggiungere il punto di saturazione (umidità di saturazione) si definisce umidità relativa.

Normalmente l'umidità relativa è maggiore durante la notte rispetto al giorno **per tale motivo nelle ore notturne diminuisce la velocità di avanzamento di un fronte di un incendio.**

Le condizioni notturne di temperatura e la condensazione del vapor d'acqua in rugiada permettono infatti una temporanea idratazione dei combustibili rapidi, rendendo più difficile l'accensione.

L'umidità relativa dell'aria cambia anche in funzione del microclima presente all'interno della formazione vegetale; ad esempio nei popolamenti forestali chiusi come le leccete e le faggete è presente un tasso di umidità molto più elevato che in una formazione come la macchia mediterranea o addirittura come in una prateria, in queste ultime formazioni sarà molto più elevato il processo di disidratazione dei tessuti vegetali con conseguente aumento del rischio di incendi.

### Esempio di come varia l'umidità relativa al variare della temperatura dell'aria

#### ESEMPIO 1

Temperatura dell'aria = 20° C

Quantità di vapore acqueo in un metro cubo d'aria = 10 grammi

Umidità di saturazione dell'aria a 20° C = 17,3 grammi

Umidità relativa =  $10 \times 100 / 17,3 = 60 \%$  circa

#### ESEMPIO 2

Temperatura dell'aria = 10° C

Quantità di vapore acqueo in un metro cubo d'aria = 10 grammi

Umidità di saturazione dell'aria a 10° C = 9,4 grammi

Umidità relativa =  $10 \times 100 / 9,4 = > 100 \%$



*Popolamento di Pino nero in periodo autunnale contraddistinto da una elevata percentuale di umidità relativa presente nell'aria*

## 1.4.2.b Il vento

Rispetto all'umidità dell'aria il vento ha un'influenza immediata sulla propagazione del fuoco, in quanto svolge sia un'azione diretta sulla fiamma, determinandone la direzione e la velocità di propagazione, sia un'azione indiretta disseccando la vegetazione e predisponendola all'accensione.

I venti sono correnti d'aria generate dal movimento di masse d'aria che si spostano da zone ad alta pressione (anticicloniche) verso zone a bassa pressione (cicloniche); nelle prime l'aria più calda tende a salire verso l'alto e a richiamare aria più fredda dalle zone a pressione più bassa.

Il vento viene definito da due grandezze: la **direzione** e la **velocità**.

La direzione viene individuata considerando il punto cardinale di provenienza del vento; ad esempio un vento che soffia da Nord verso Sud avrà direzione Nord (vento di Tramontana se consideriamo la rosa dei venti).

La direzione è influenzata da tre fattori: la forza dovuta alla differenza di pressione atmosferica, la forza di Coriolis (moto di rotazione terrestre) e la forza di attrito. Quest'ultima dipende dai rilievi montuosi e dalle irregolarità del terreno che deviano la direzione dei venti.

La velocità esprime la forza del vento ed è tanto più elevata quanto più è grande la differenza di pressione tra due zone (il cosiddetto **gradiente barico**), si può misurare in km/h, m/sec, nodi o miglia/h.

Generalmente si fornisce il dato relativo alla velocità media del vento in una determinata zona.

Un metodo di valutazione della velocità del vento applicabile quando non si ha a disposizione un anemometro, che è lo strumento specifico per la misurazione di questo parametro, è quello proposto dall'Ammiraglio inglese BEAUFORT e che consiste nell'osservare l'effetto del vento sull'ambiente circostante e assimilarlo ad una delle 12 situazioni previste nella cosiddetta **scala anemometrica BEAUFORT** ad ognuna delle quali corrisponde una determinata velocità del vento (cfr. tabella).

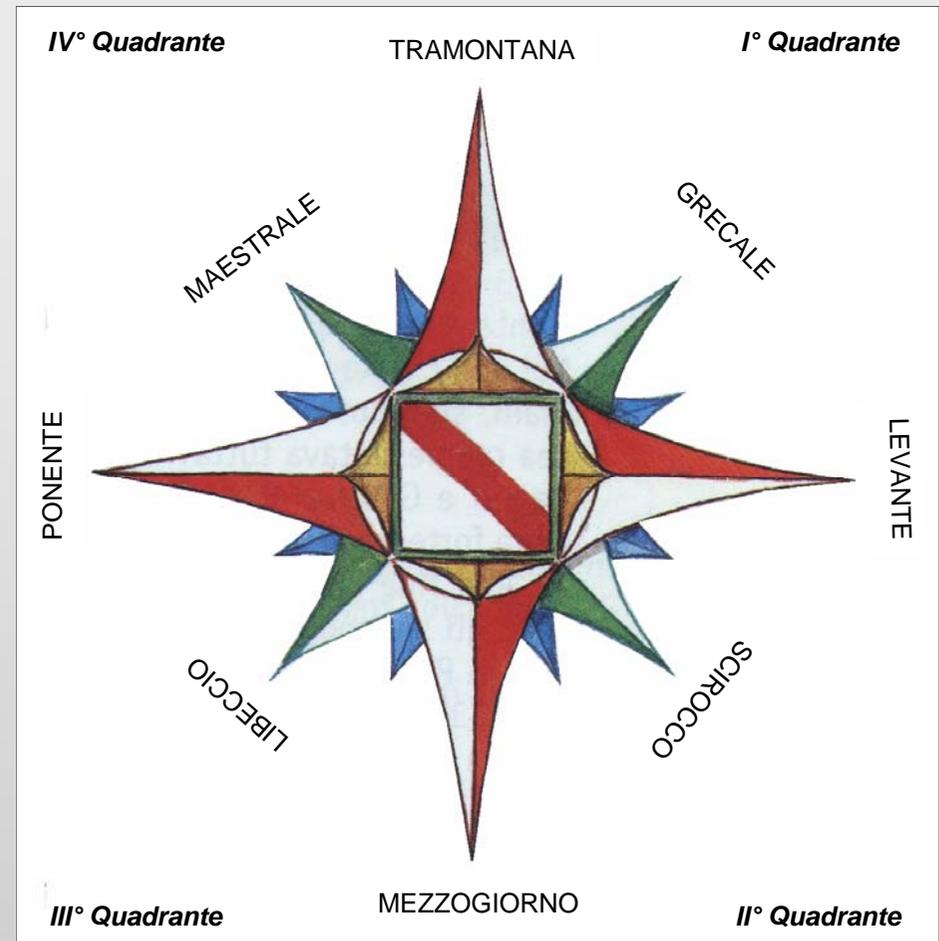
Dal punto di vista del tipo di vento si distinguono i cosiddetti venti generali ed i venti locali periodici.

### Venti generali

Si tratta di venti generati da movimenti d'aria che avvengono su ampia scala territoriale per effetto della variazione di pressione dell'atmosfera.

La provincia di La Spezia ad esempio è caratterizzata da una ventosità più marcata nel settore costiero che costituisce il primo ostacolo fisico ai venti generali che spirano dal quadrante occidentale e per questo risultano più ricchi di umidità.

Tra questi sono da citare il **maestrale** proveniente da nord-ovest, dalla Valle del Rodano e che può essere particolarmente forte, ed il **libeccio** che



Rosa dei venti con la suddivisione in quadranti.

soffia da sud-ovest, la sua violenza è tale per cui spesso è causa di tempeste. Le zone interne della Val di Vara sono invece interessate da venti provenienti dai quadranti settentrionali (IV° e I° quadrante) tra cui il più temibile per gli incendi invernali è la **tramontana**.

Si tratta di un vento freddo che soffia da nord e che spesso raggiunge velocità elevate per cui rende difficoltose le operazioni di spegnimento degli incendi che interessano soprattutto i pascoli d'altitudine.

SCALA ANEMOMETRICA BEAUFORT					
Denominazione	Velocità media del vento			Effetti del vento osservabili nell'ambiente	
	nodi	km/h	m/sec	Nell'entroterra	Presso la costa
Calma	< 1	< 1	0 - 0,2	Calma, il fumo sale verticalmente	Calma
Bava di vento	1 - 3	1 - 5	0,3 - 1,5	La direzione del vento è indicata dal fumo, ma non dalle banderuole	Le barche da pesca si muovono lentamente
Brezza leggera	4 - 6	6 - 11	1,6 - 3,3	Vento sensibile al volto, si muovono le foglie, le banderuole ordinarie si mettono in movimento	Il vento gonfia le vele delle barche che filano con velocità da 1 a 2 nodi circa
Brezza tesa	7 - 10	12 - 19	3,4 - 5,4	Foglie e ramoscelli in costante movimento, il vento distende bandiere leggere	Le barche filano con velocità da 3 a 4 nodi circa
Vento moderato	11 - 16	20 - 28	5,5 - 7,9	La polvere ed i pezzi di carta vengono sollevati, i piccoli rami si muovono	Vento moderato; le barche portano tutte le vele
Vento teso	17 - 21	29 - 38	8,0 - 10,7	Si muovono rami maggiori, le acque si increspano nei bacini interni	Le barche diminuiscono la loro velatura
Vento fresco	22 - 27	39 - 49	10,8 - 13,8	I grossi rami sono agitati, si odono grossi fischi presso i fili telegrafici; gli ombrelli vengono usati con difficoltà	Le barche prendono due terzaroli alla randa maestra; la pesca esige precauzioni
Vento forte	28 - 33	50 - 61	13,9 - 17,1	Gli alberi interi sono agitati, difficoltà a camminare contro vento	Le barche restano in porto; quelle che sono in mare raggiungono un ancoraggio
Burrasca	34 - 40	62 - 74	17,2 - 20,7	I piccoli rami degli alberi vengono spezzati, quasi impossibile camminare contro vento	Tutte le barche si accostano al porto se è vicino
Burrasca forte	41 - 47	75 - 88	20,8 - 24,4	Danni leggeri alle strutture (rimozione di tegole, oggetti, ecc.)	—
Tempesta	48 - 55	89 - 102	24,5 - 28,4	Alberi sradicati, danni considerevoli alle costruzioni (si verifica raramente nel continente)	—
Tempesta violenta	56 - 63	103 - 117	28,5 - 32,6	Devastazioni gravi (si verifica raramente)	—
Uragano	64 ed oltre	118 ed oltre	32,7 ed oltre	—	—

## segue 1.4.2.b Il vento

### Venti locali periodici

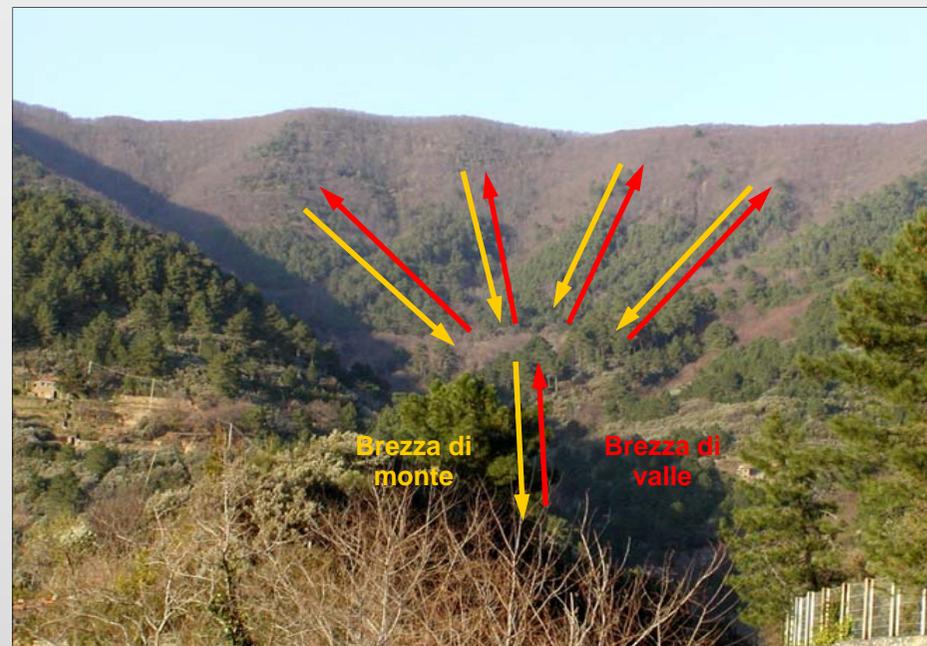
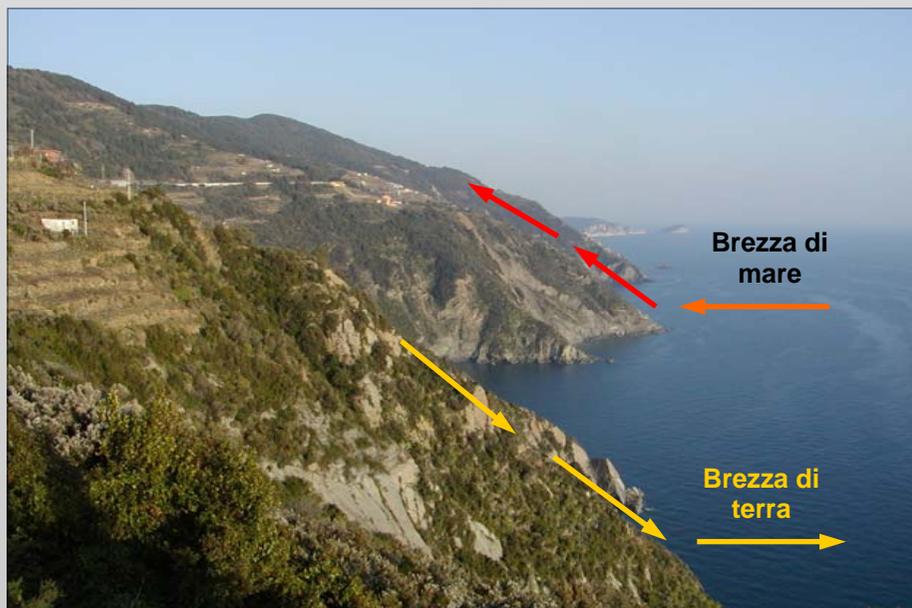
Buona parte del territorio nazionale è contraddistinta da una orografia molto complessa caratterizzata da una fitta trama di valli, convali e modesti impluvi che predispone alla formazione di correnti d'aria locali di origine termica di cui è necessario tener conto nell'impostazione degli interventi di spegnimento degli incendi.

I venti locali infatti sono dovuti alle variazioni di temperatura che si verificano tra il giorno e la notte (vedi [prospetto giornaliero dei venti periodici](#))

I venti locali periodici si distinguono in:

- *brezze di valle e di monte*
- *correnti di pendio*
- *brezze di mare e di terra*

Le **brezze di valle e di monte** si generano, in quanto di giorno i rilievi montuosi si riscaldano maggiormente delle zone pianeggianti per cui la depressione, dovuta al riscaldamento dell'aria prossima al suolo richiama aria dalla pianura; questo richiamo di aria genera una brezza che dalla valle sale verso monte e prende il nome di brezza di valle. Durante la notte accade il contrario, in quanto i rilievi montuosi si raffreddano più rapidamente delle zone di pianura ed in questo caso il gradiente termico dà luogo alla formazioni di brezze di monte che dai rilievi soffiano verso valle.



Associato al sistema delle brezze di valle e di monte, che interessa l'asse principale delle valli, è presente il sistema delle **correnti di pendio** che si sviluppa trasversalmente all'asse principale del solco vallivo. Questi venti sono più intensi nei versanti meridionali, in quanto ricevono una maggiore quantità di calore, rispetto a quelli in ombra, con frequenza possono essere caratterizzati da turbolenza e la loro velocità è compresa tra i 6 ed 7 Km/h.

Le correnti di pendio hanno una periodicità analoga a quella delle brezze di valle e di monte. Il meccanismo delle **brezze di mare e di terra** è dovuto invece alla differente capacità di riscaldamento e di raffreddamento che ha la superficie terrestre rispetto a quella del mare, nel corso del ciclo diurno-notturno. Infatti la terra durante il giorno tende a riscaldarsi più rapidamente della superficie del mare e ciò determina una depressione relativa, con conseguente movimento d'aria dal mare verso la costa, la cosiddetta brezza di mare. Nel corso della notte la superficie terrestre perde più rapidamente del mare, il calore immagazzinato durante il giorno per cui la superficie del mare che restituisce il calore più lentamente, richiama aria dalla costa generando la cosiddetta brezza di terra.

Il regime delle brezze di mare e di terra è di intensità più marcata nel periodo a maggiore insolazione che va da aprile a settembre. Generalmente il movimento d'aria delle brezze interessa uno strato di atmosfera dello spessore di qualche centinaio di metri oltre il quale la circolazione inverte la direzione (correnti di compenso).

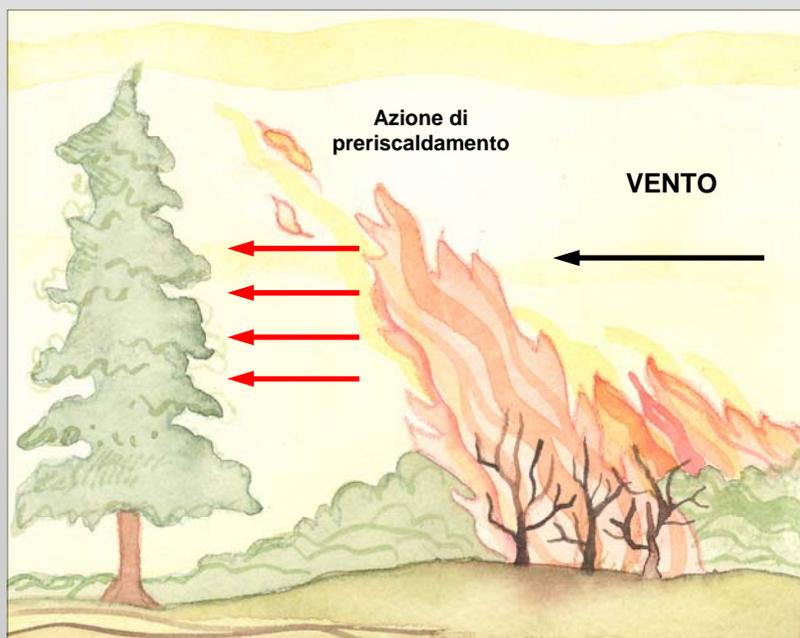
PROSPETTO GIORNALIERO DI MASSIMA DEI VENTI LOCALI PERIODICI RIFERITO AD UNA FASE DELL'ANNO AD ESCURSIONE TERMICA GIORNALIERA DI LIVELLO MEDIO			
FASE DELLA GIORNATA	Brezze di mare e di terra	Brezze di valle e di monte	Correnti di pendio
<b>All'alba</b>	La brezza soffia verso il mare ( <i>brezza di terra</i> )	La brezza soffia da monte verso valle ( <i>brezza di monte</i> )	Le <i>correnti di pendio</i> soffiano dalle parti alte dei versanti verso gli impluvi
<b>Alle ore 08:00 circa</b>	La <i>brezza di terra</i> diminuisce di intensità	La <i>brezza di monte</i> è quasi assente e nei versanti esposti a solatio inizia a soffiare la brezza da valle verso monte ( <i>brezza di valle</i> )	Le <i>correnti di pendio</i> diminuiscono di intensità
<b>Alle ore 09:00 circa</b>	La <i>brezza di terra</i> è quasi assente	La <i>brezza di valle</i> inizia a soffiare	Le <i>correnti di pendio</i> inizialmente ferme (ad eccezione dei versanti a solatio), cambiano direzione e cominciano a soffiare verso l'alto
<b>Tra le ore 11:00 e le 13:00</b>	Si avvicina la temperatura massima dell'aria; si alza e rinforza la brezza che soffia dal mare verso la terra ( <i>brezza di mare</i> )	La <i>brezza di valle</i> rinforza	Le <i>correnti di pendio</i> soffiano verso l'alto con crescente intensità
<b>Tra le ore 15:00 e le 16:00</b>	La <i>brezza di mare</i> raggiunge la massima intensità	La <i>brezza di valle</i> raggiunge la massima intensità	La <i>correnti di pendio</i> raggiungono la massima intensità
<b>Al tramonto</b>	La <i>brezza di mare</i> diminuisce di intensità	La <i>brezza di valle</i> è quasi assente e inizia a soffiare la brezza da monte verso valle ( <i>brezza di monte</i> )	Le <i>correnti di pendio</i> cambiano direzione e cominciano a soffiare dalle parti alte dei versanti verso gli impluvi
<b>Alle ore 20:00 circa</b>	Si raggiunge un equilibrio tra la <i>brezza di mare</i> e la <i>brezza di terra</i>	La <i>brezza di monte</i> rinforza	Le <i>correnti di pendio</i> soffiano dalle parti alte dei versanti verso gli impluvi con crescente intensità

## segue 1.4.2.b Il vento

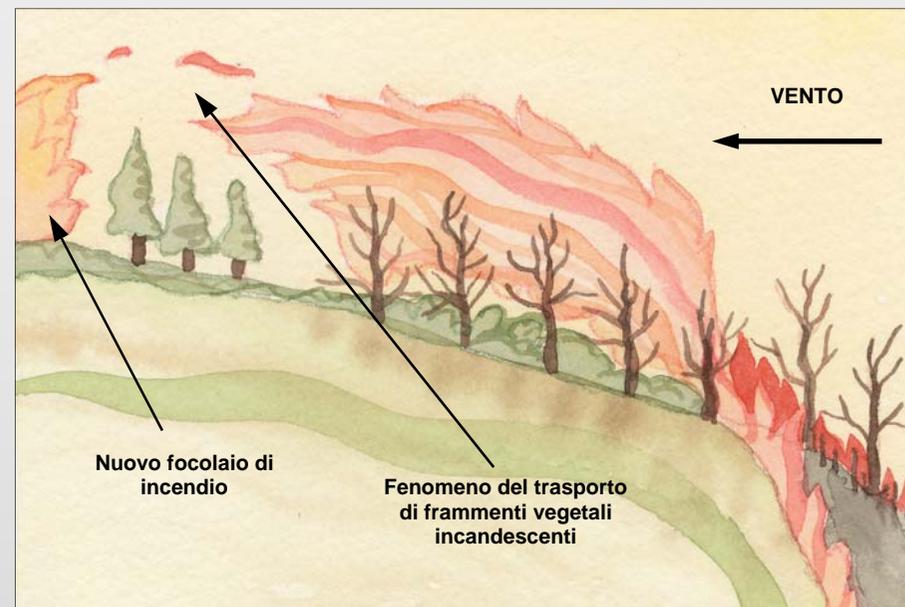
### I principali effetti del vento su un incendio

L'effetto del vento sull'incendio varia in funzione se il fuoco è in chioma o sotto copertura (radente di lettiera) in ogni caso:

- agisce sull'**evapotraspirazione** delle piante vive e sull'evaporazione del materiale vegetale morto determinando le variazioni del loro contenuto idrico;
- determina la **quantità di ossigeno** a contatto con il combustibile in fiamme (comburente); maggiore è l'intensità del vento maggiore è la quantità di ossigeno che alimenta il processo di combustione.
- impone **direzione e velocità** di avanzamento del fuoco;
- **trasporta calore** al combustibile adiacente, per convezione, preriscaldandolo sul fronte di avanzamento del fuoco e facilitando in tal modo la sua accensione;
- determina i fenomeni di **spotting**, ossia l'accensione di focolai secondari per distacco e trasporto di materiale incandescente a distanza (frammenti di alberi, arbusti ed erbe).



Fronte di avanzamento di un incendio sotto l'azione del vento che, oltre a imporre direzione e velocità di progressione al fuoco, inclinando la fiamma determina un più rapido preriscaldamento del combustibile adiacente e conseguentemente un'accensione più rapida dello stesso.



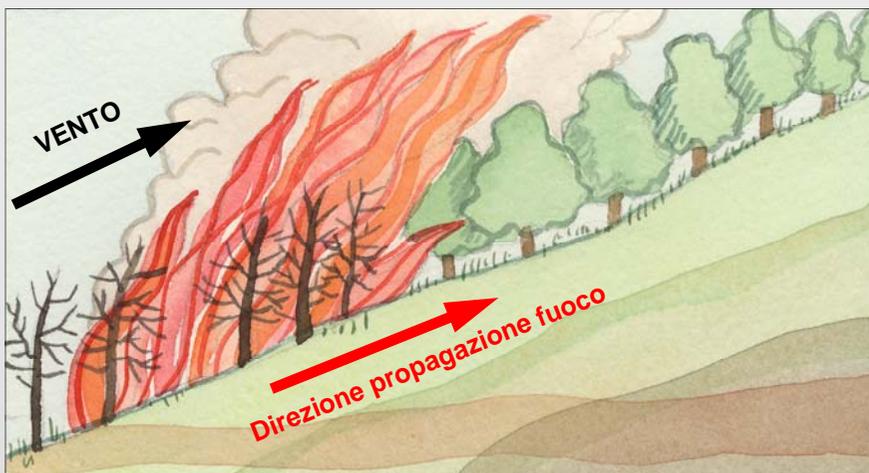
Fronte di avanzamento di un incendio lungo un versante sotto l'azione del vento che sollevando frammenti di vegetazione incandescenti, li trasporta a distanza dando luogo alla formazione di nuovi focolai di incendio. Il particolare fenomeno prende il nome di *spotting*.

La maggior parte dei frammenti vengono trasportati entro i primi 200 metri dal fronte principale dell'incendio e danno luogo alla formazione di focolai secondari che vengono inglobati dal fronte avanzante del fuoco; questo tipo di fenomeno prende il nome di "**short range spotting o massive spotting**".

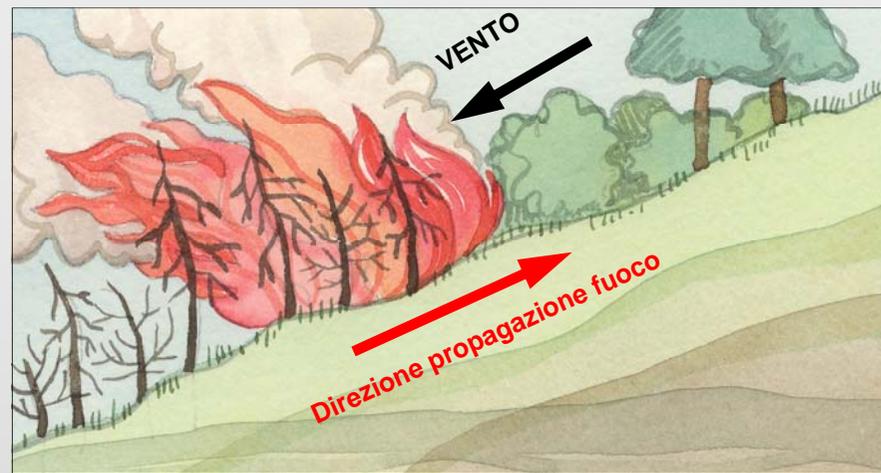
In particolari condizioni si può verificare il trasporto dei frammenti vegetali incandescenti a distanza di diversi chilometri. Ciò avviene quando l'intensità dell'incendio è tale da dar luogo alla formazione della colonna convettiva, che innalza i frammenti vegetali sino all'altezza dove spirano i venti in quota, che sono in grado di trasportarli a grandi distanze; questo tipo di fenomeno viene chiamato di "**long range spotting**".

Con venti forti si ha un'accentuazione della velocità di avanzamento della testa dell'incendio rispetto ai fianchi e alla coda; l'incendio tende ad avere un elevato rapporto lunghezza/larghezza ed assume una tipica forma oblunga così come è già stato evidenziato nei precedenti capitoli. Venti molto forti possono rendere difficile il preriscaldamento del combustibile antistante e non determinare aumenti ulteriori di velocità di diffusione e intensità dell'incendio.

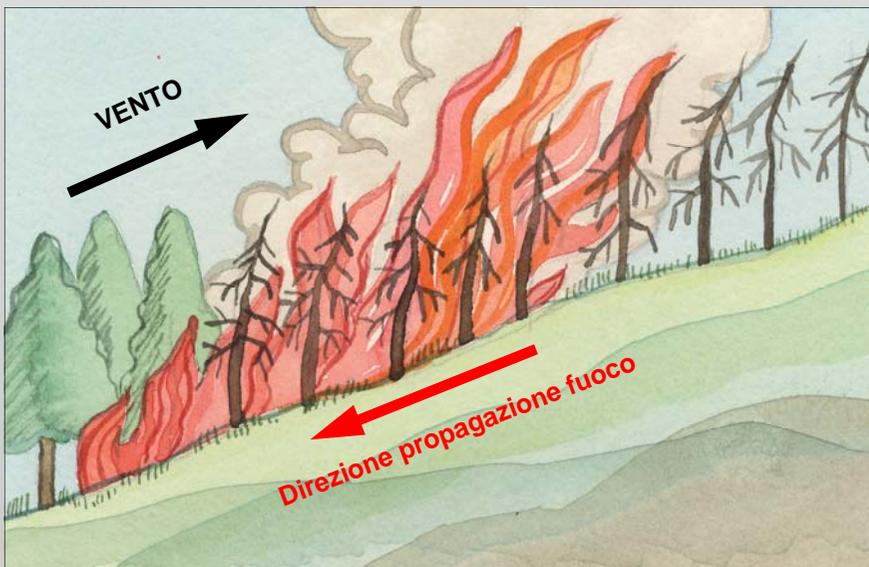
POSSIBILI COMBINAZIONI TRA I FATTORI VENTO E PENDENZA



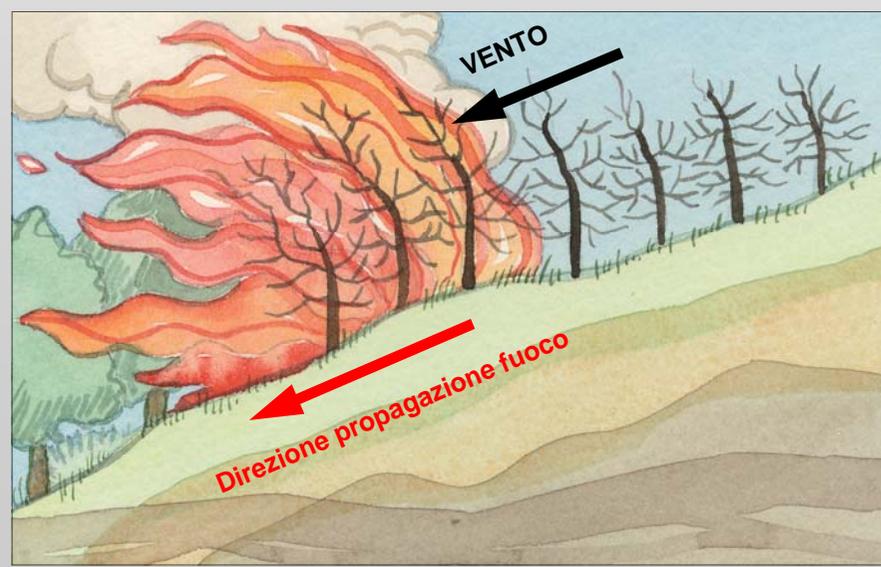
*Il fronte del fuoco avanza a favore di pendenza spinto dal vento. Si ha massima velocità di progressione e la massima lunghezza della fiamma.*



*Il fronte del fuoco avanza controvento a favore di pendenza. Si ha una velocità ed una lunghezza media della fiamma.*



*Il fronte del fuoco avanza in discesa controvento. Si ha la minima velocità di progressione.*



*Il fronte del fuoco avanza in discesa spinto dal vento. La velocità di propagazione dipenderà dall'intensità del vento.*

## segue 1.4.2.b Il vento

Un'effetto particolare delle correnti di aria si verifica in prossimità dei **crinali** e delle **creste** che delimitano versanti a forte pendenza.

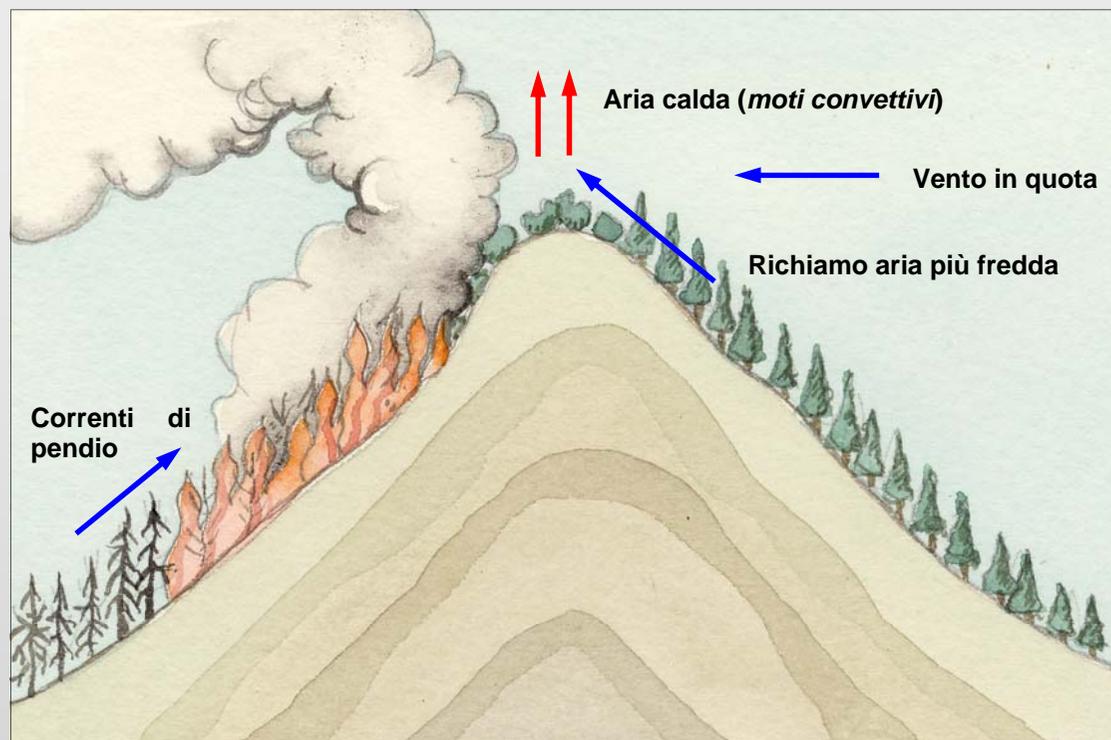
In queste situazioni topografiche, inizialmente il fronte di avanzamento del fuoco è fortemente favorito dall'effetto sinergico della pendenza e delle correnti pendio che, nel corso del giorno, soffiano a favore di pendenza.

Una volta che il fronte dell'incendio raggiunge la parte sommitale del versante il fuoco rallenta e le fiamme tendono ad assumere un andamento quasi verticale per effetto dei moti convettivi generati dal richiamo di aria più fredda proveniente dal versante opposto. Inoltre, i crinali con versanti ripidi creano una improvvisa interruzione del flusso laminare del vento che genera **turbolenze** e veri e propri **vortici** nel versante sottovento che tendono a far ristagnare il fumo prodotto dall'incendio in prossimità della linea di crinale

A ciò si aggiunge l'incontro delle correnti di pendio con i venti in quota che se hanno direzioni diverse contribuiscono anch'essi a creare un ristagno di fumo.



Fronte di incendio in bosco di Pino marittimo in prossimità di un crinale roccioso. Si noti la concentrazione del fumo sul lato opposto sottovento del crinale - Deiva Marina (SP), agosto 1998



Azione delle diverse correnti sul fronte di avanzamento di un incendio lungo un versante ed in prossimità del crinale .

Subito sotto il crinale il vento discendente è notevolmente più lento. Il rallentamento della velocità di avanzamento del fronte del fuoco può essere sfruttato sotto il profilo operativo per creare una fascia di controllo subito sotto il crinale, anche se bisogna tener conto della notevole fumosità creata dalle turbolenze che può ostacolare le operazioni di spegnimento. Il ristagno del fumo prodotto dalla combustione risulta spesso uno dei fattori limitanti più rilevanti nella fase di intervento, infatti oltre ad impedire fisicamente al personale a terra di operare (lacrimazione, irritazione delle vie respiratorie, ecc.) non permette ai mezzi aerei di individuare le aree segnalate dal Direttore delle Operazioni in cui effettuare lo sgancio di acqua.

## 1.4.2.c Le precipitazioni

Le precipitazioni influiscono in maniera determinante sullo sviluppo degli incendi. E' noto che nei periodi stagionali caratterizzati da intense precipitazioni, coincidenti in genere con l'autunno e la primavera, il numero degli eventi raggiunge i valori minimi.

Ciò è spiegabile in quanto così come già evidenziato a proposito dell'umidità atmosferica, anche le precipitazioni condizionano il contenuto di acqua nei combustibili vegetali e conseguentemente la loro accensione.

Gli effetti delle precipitazioni non sono condizionati solo dalla media annua di pioggia caduta ma, soprattutto dalla sua ripartizione nel corso dei mesi dell'anno che viene denominata regime delle piogge.

Così, ad esempio, gli incendi estivi sono fortemente condizionati dalla quantità di pioggia caduta nei primi mesi dell'anno.

Per precipitazioni si intendono non solo le piogge in senso stretto ma tutte le **idrometeore** costituite da particelle di acqua liquide o solide, cristallizzate o amorfe, che provengono dall'atmosfera:

- pioggia
- nubi e nebbia
- rugiada
- brina
- grandine
- neve

Le **nubi** sono masse costituite da minuscole gocce d'acqua (da pochi micron fino 100 micron) o da cristalli di ghiaccio, in sospensione nell'aria.

Le **nebbie** costituiscono un particolare tipo di nubi; si formano quando strati d'aria vicini al suolo raggiungono il punto di condensazione.

La **rugiada** si forma durante la notte quando diminuisce la temperatura della superficie terrestre (fenomeno dell'**irraggiamento**) e conseguentemente aumenta l'umidità relativa; quando l'umidità relativa raggiunge il 100% si ha la formazione della rugiada (punto di rugiada). La nuvolosità limitando l'irraggiamento (quindi l'abbassamento della temperatura) ostacola il processo di formazione della rugiada

La **brina** è dovuta allo stesso processo di formazione della rugiada; nel caso in cui il punto di rugiada è prossimo a 0° C (è costituita da cristalli di ghiaccio derivati dal congelamento della rugiada o dalla **sublimazione** del vapore acqueo).

La **grandine** si forma in seguito a rapida ascesa di aria umida che condensando intorno ad un nucleo per strati successivi dà luogo alla formazione dei cosiddetti "**chicchi**" di ghiaccio.

Infine la **neve**, il cui processo di formazione è analogo a quello della pioggia, ma con temperature dell'aria comprese tra i - 12° C ed i - 16° C. Affinchè i cristalli di neve giungano al suolo è necessaria una temperatura sul terreno inferiore ai 3° C (intorno agli 0° C i cristalli si aggregano in fiocchi).



Bosco misto di latifoglie mesofile a prevalenza di Castagno in veste autunnale - Monte Pasquillo (MS)

### Il processo di formazione della pioggia

- l'aria contiene vapore acqueo;
- ad una certa temperatura l'aria può contenere solo una determinata quantità di vapore acqueo;
- più l'aria è calda più vapore acqueo può contenere e viceversa;
- il raffreddamento dell'aria nel moto ascensionale porta alla condensazione del vapore acqueo intorno a particelle di pulviscolo o sale;
- le goccioline d'acqua condensate si uniscono tra loro per collisioni successive e diventano più grosse (**coalescenza**);
- maggiore è la dimensione delle gocce, maggiore è la possibilità che arrivino a terra senza evaporare.

## 1.4.2.d La temperatura dell'aria

La temperatura dell'aria ha un'influenza diretta sul combustibile vegetale, in quanto un suo incremento ne innalza la temperatura interna ed in questo modo riduce la quantità di calore necessario al raggiungimento della soglia della temperatura di accensione specifica del combustibile stesso.

L'aumento di temperatura influisce, inoltre, sul riscaldamento del suolo che restituendo il calore darà origine, per convezione, a correnti ascendenti di aria.

Come già evidenziato, nello specifico paragrafo, influisce poi sul contenuto di [umidità relativa dell'aria](#); secondo la correlazione esistente tra i due fattori, ad un aumento della temperatura di 10° C corrisponde una diminuzione della metà dell'umidità relativa, viceversa ad una diminuzione della temperatura di 10°C la percentuale di umidità relativa raddoppia.

Le variazioni dell'umidità relativa agiscono conseguentemente sul contenuto di umidità del combustibile vegetale, specialmente di quello morto.

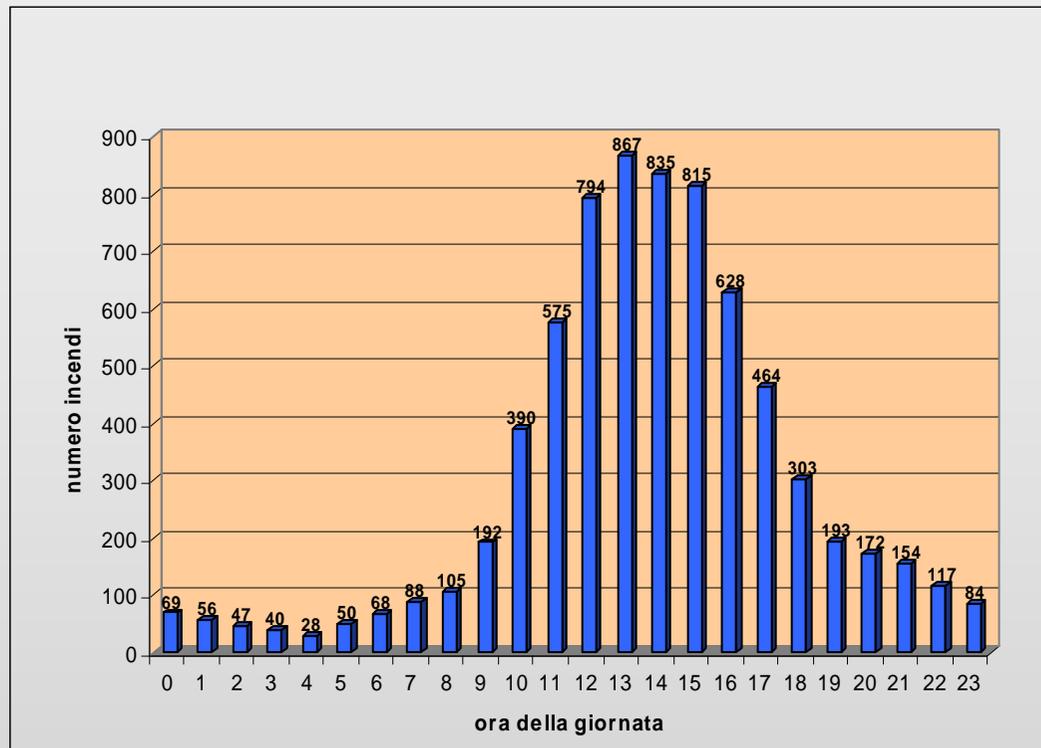
Da quanto descritto risulta una correlazione tra fasce orarie della giornata e frequenza nello sviluppo di incendi boschivi.

Per quanto riguarda l'unità di misura della temperatura dell'aria, questa si esprime in grado Celsius (gradi centigradi — 100) e per convenzione si misura all'ombra, a circa 2 metri di altezza dal suolo.

Sotto il profilo statistico, si riscontra che il maggiore numero degli incendi si registra tra le ore 12 e le 15, corrispondenti alle ore di maggiore insolazione nell'arco della giornata (cfr. grafico).

E' da tenere presente che il massimo valore della temperatura giornaliera si raggiunge un paio d'ore dopo la culminazione del sole allo zenit. La fluttuazione delle temperature diurne e notturne può essere sfruttata proficuamente nelle operazioni di spegnimento degli incendi; i momenti migliori per intervenire sarebbero infatti la notte ed il mattino, prima del sorgere del sole, quando si registra la temperatura minima nell'arco delle 24 ore. In queste ore il processo di combustione rallenta e, conseguentemente, sia l'intensità, sia la velocità dell'incendio diminuiscono.

Infine c'è da segnalare il caso particolare che si verifica allorché la perdurare delle temperature basse dell'aria provoca il gelarsi del terreno; questa situazione impedisce alle piante il normale approvvigionamento idrico per cui viene a crearsi una condizione di aridità fisiologica che può predisporre all'innescio di incendi.



Distribuzione del numero di incendi suddivisi nelle ore della giornata, relativo agli incendi registrati nell'anno 2001 nelle Regioni italiane in cui opera il Corpo Forestale dello Stato. Si noti che il numero maggiore di incendi, 867 eventi, si registra alle ore 13, e sino alle ore 15 si supera il numero di 800 eventi (da "Gli incendi boschivi del 2001" edito dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali Servizio Antincendio Boschivo del CFS)

- la temperatura diminuisce con l'aumento della quota altimetrica (un grado ogni 154 metri);
- nelle valli strette si verificano fenomeni d'inversione termica;
- in inverno la diminuzione della temperatura in genere porta bel tempo;
- in estate la diminuzione di temperatura, in genere, annuncia tempo perturbato;
- temperatura alta = maggiori correnti ascensionali = aria calda sale verso l'alto sostituita da aria fredda = formazione di venti forti;
- temperatura bassa = maggiore umidità relativa dell'aria.

### 1.4.3 FATTORI TOPOGRAFICI

Frequentemente i popolamenti forestali vegetano in zone di montagna caratterizzate da una orografia complicata, pendenze elevate, alternanza di creste e di valli; si tratta di configurazioni topografiche che influenzano nettamente il comportamento del fuoco, non solo per i suoi effetti diretti ma anche per quelli indiretti, infatti la conformazione del terreno condiziona le caratteristiche degli altri fattori come il tipo di combustibile vegetale e le condizioni climatiche locali.

I quattro elementi topografici che influenzano maggiormente gli incendi sono:

- **la pendenza**
- **l'esposizione**
- **l'altitudine**
- **il rilievo**



**TABELLA SINOTTICA DEI FATTORI TOPOGRAFICI CONDIZIONANTI IL COMPORTAMENTO DEL FUOCO**

FATTORE TOPOGRAFICO	CARATTERISTICHE CONDIZIONANTI	EFFETTI SULLA PROPAGAZIONE DEL FUOCO
<u><a href="#">PENDENZA</a></u>	L'inclinazione di un versante aumenta il calore di convezione	All'aumentare della pendenza aumenta la velocità di propagazione del fuoco se la progressione del fronte è verso l'alto
<u><a href="#">ESPOSIZIONE</a></u>	La posizione di un versante rispetto ai punti cardinali condiziona l'insolazione e conseguentemente la temperatura e l'umidità relativa dell'aria	Nelle esposizioni a Sud aumenta la velocità di propagazione del fuoco
<u><a href="#">ALTITUDINE</a></u>	L'altezza sul livello del mare condiziona la temperatura, l'umidità dell'aria e la presenza di ossigeno	A maggiore altitudine corrisponde una minore velocità di propagazione del fuoco
<u><a href="#">RILIEVO</a></u>	La conformazione del territorio condiziona il regime dei venti locali periodici e dei venti generali	Variano in funzione dei movimenti d'aria che si generano

### 1.4.3.a La pendenza

Nei terreni acclivi è favorita la propagazione del fuoco.

La pendenza produce sulla propagazione dell'incendio effetti analoghi a quelli prodotti dal vento che costituisce l'altro fattore determinante nella diffusione del fuoco.

Come già evidenziato l'asse di avanzamento del fronte dell'incendio è la risultante della direttrice del vento dominante e della pendenza media del versante.

Mentre su terreni con pendenza compresa tra lo 0% ed il 5% questo fattore incide minimamente, quando il fuoco avanza salendo lungo un versante a maggiore inclinazione la sua velocità aumenta all'aumentare della pendenza e ciò è dovuto alle seguenti condizioni:

- **la pendenza inclinando la fiamma rispetto al terreno l'avvicina al combustibile vegetale posto a monte che viene così preriscaldato dal calore di irraggiamento;**
- **il calore, prodotto dalla combustione, viene richiamato verso l'alto generando una corrente di convezione che risale la pendice e aumenta il preriscaldamento della vegetazione posta immediatamente a monte (effetto tiraggio);**

In pratica la vegetazione posta a monte di un fronte di avanzamento di un incendio che risale un versante viene interessata da un preriscaldamento maggiore rispetto alla situazione che si ha in pianura.

Si può stimare che la velocità di avanzamento del fuoco si raddoppia con una pendenza del 10% del versante e si quadruplica con una pendenza del 20%.

Quando il fuoco scende lungo un versante la sua velocità di avanzamento dipende dall'intensità dell'incendio e dalla presenza di venti discendenti, come si verifica nelle ore notturne quando si inverte la direzione dei venti locali periodici.



*Effetti di un incendio su versante ad elevata pendenza. In questo caso l'inclinazione della fiamma, dovuta alla pendenza, e le correnti convettive ascendenti hanno permesso al fuoco di superare la barriera artificiale rappresentata dalla strada asfaltata che taglia il versante a mezza costa - loc. Monte Fascie (GE).*

In ogni caso in discesa la velocità di avanzamento è inferiore rispetto a quella a favore di pendenza in quanto il combustibile, che si trova più a valle del fronte dell'incendio, viene riscaldato solo dal calore trasmesso per conduzione e irraggiamento e quindi raggiunge più lentamente la temperatura di accensione.

Questo è il motivo per cui gli incendi che si originano lungo un versante sono caratterizzati da una elevata velocità di propagazione del fronte di testa e al contrario da una estrema lentezza di progressione del fronte della coda dell'incendio, che avanza in senso opposto verso valle.

## 1.4.3.b Esposizione altitudine e rilievo

### Esposizione

Rappresenta la posizione di un versante rispetto ai punti cardinali. La diversa esposizione dei versanti condiziona sia direttamente che indirettamente il comportamento del fuoco.

E' noto che diversi fattori incidono sull'intensità della radiazione solare che giunge al suolo; tra questi se ne distinguono alcuni generali, collegati alla rotazione ed alla rivoluzione terrestre rispetto al proprio asse, ed altri particolari che dipendono dalla latitudine e dalla morfologia del luogo.

Proprio questi ultimi fattori, legati alla morfologia del luogo, sono rappresentati dall'altitudine, dall'inclinazione e dall'esposizione di ogni porzione di terreno irradiata.

Nel nostro emisfero la maggiore irradiazione solare si ha nei versanti esposti a sud mentre nei versanti esposti a nord si ha la minore.

Conseguentemente un versante esposto a sud, ricevendo più calore per effetto della maggiore insolazione a cui è soggetto nell'arco della giornata e dell'anno, risulterà più caldo e secco dal punto di vista del microclima rispetto ad un versante esposto a nord.

La vegetazione sarà quindi più predisposta ad infiammarsi e, nel caso si verifichi un incendio, la maggiore temperatura dell'aria al suolo favorirà la formazione di correnti di aria convettive che veicoleranno il calore verso l'alto aumentando l'effetto sinergico di progressione del fuoco.

L'esposizione in ogni caso condiziona lo sviluppo della vegetazione, influenzandone sia la struttura che la composizione floristica.

In ambito mediterraneo è frequente osservare l'alternanza di versanti esposti a nord caratterizzati da popolamenti forestali in cui predominano specie quali il Carpino bianco, il Frassino ed altre specie mesofile, con versanti esposti a sud caratterizzati da formazioni vegetali in cui predominano specie della macchia mediterranea che dal punto di vista degli incendi, rappresentano sicuramente dei consorzi vegetali più pirofilo dei precedenti.



*Situazione topografica nella quale si può manifestare il fenomeno della turbolenza in prossimità della linea di crinale.*

### Altitudine

L'altitudine di un luogo è la sua elevazione, misurata in metri, rispetto al livello medio del mare che si considera a quota 0.

Anch'essa, come l'esposizione, condiziona indirettamente l'innescò e la propagazione degli incendi, infatti man mano che si sale di quota la temperatura diminuisce, mediamente si considera che ogni 154 m di altezza la temperatura diminuisce di 1° C.

Pertanto salendo di quota il processo di combustione risulta progressivamente più difficoltoso.

## segue 1.4.3.b Esposizione altitudine e rilievo

### Rilievo

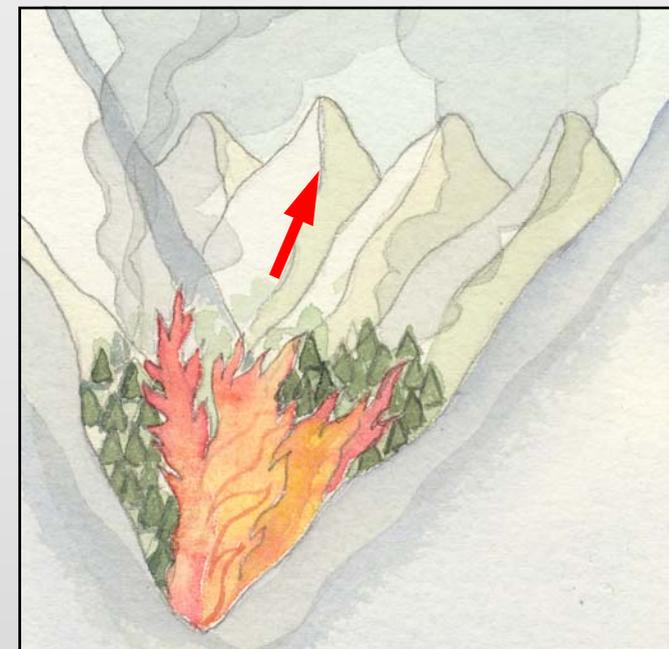
Il rilievo di un territorio rappresenta l'irregolarità della superficie topografica che comprende, sia incisioni che forme rilevate come colline e montagne.

Tale fattore influisce direttamente sul clima ed in particolare sul regime dei venti generali e sui venti locali periodici.

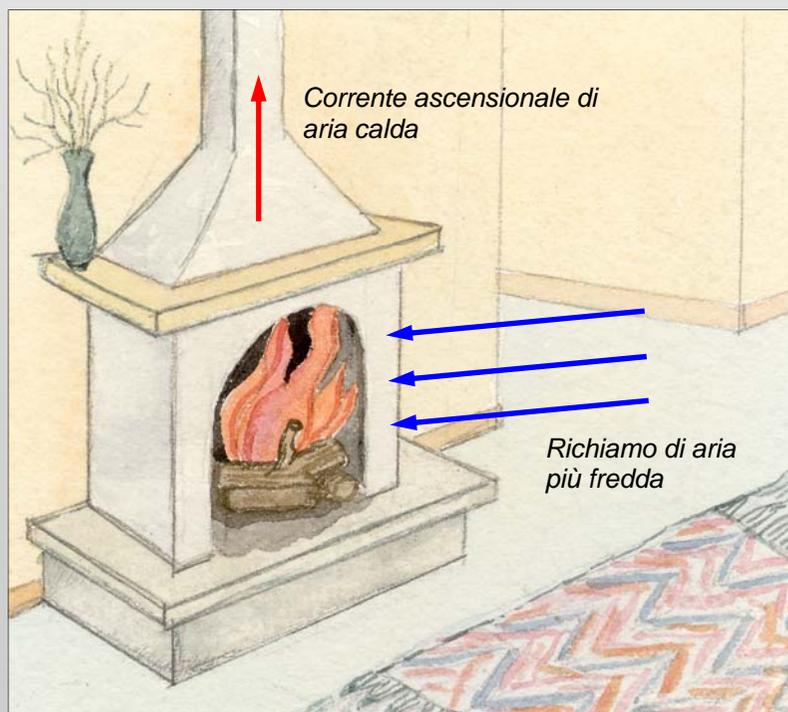
In corrispondenza di un **displuvio**, di una **cresta** o di un **crinale** l'incendio rallenta la sua corsa e procede più lentamente e dà luogo a quei fenomeni già visti nel [paragrafo 1.4.2.b](#).

In particolare dietro speroni rocciosi o piccole creste si generano vortici dovuti all'improvvisa interruzione del flusso laminare del vento che non incontra più attrito.

Un'altra situazione topografica particolare che condiziona la propagazione del fuoco è rappresentata dalle **valli molto strette** e dalle vere proprie **gole**. Quando il fronte dell'incendio risale questi veri e propri canali si viene a creare quello che viene chiamato **l'effetto camino** (è simile al movimento di



*Incendio boschivo sviluppatosi in valle molto stretta*



*Il fenomeno che si verifica nelle valli molto strette è simile a quello che si genera in una stanza con un caminetto acceso; lo stesso volume di aria richiamata nel caminetto dovendo attraversare nell'unità di tempo la limitata*

aria che si viene a creare in un caminetto acceso) ovvero l'aria riscaldata dal fuoco viene convogliata verso la cima della gola creando una forte corrente ascensionale con conseguente aumento della velocità di progressione dell'incendio che aumenta la velocità delle correnti convettive.

In pratica si ha un rapido preriscaldamento del combustibile vegetale, di entrambi i versanti, con un contemporaneo coinvolgimento di grandi masse di vegetazione in fiamme, con la conseguenza che gli incendi possono raggiungere in breve tempo elevate intensità di difficile controllo da parte del personale operante.

Anche le **selle** o **foci** rappresentano situazioni topografiche che incidono sulla propagazione del fuoco. Il restringimento della sezione di passaggio dell'aria da una parte all'altra del crinale, per il noto fenomeno fisico detto del tubo di Venturi, determina un aumento della velocità del vento in quel punto rispetto alla sua velocità media.

Questi effetti sulla propagazione del fuoco rispetto a quanto visto per il vento sono più prevedibili in quanto le situazioni topografiche descritte rimangono pressoché inalterate nel tempo, per cui basterà tenerne conto nel momento in cui l'incendio dovesse incontrarle nel suo cammino.

## 1.5 TIPI DI INCENDIO

Come più volte evidenziato l'incendio di vegetazione è un fenomeno dinamico, in continua evoluzione, la cui classificazione in tipologie presenta non poche difficoltà in quanto, nella maggior parte dei casi, ci si trova di fronte a situazioni intermedie, non facilmente riconducibili a tipi codificati. Tuttavia, l'individuazione di tipologie, definite da elementi caratteristici, permette di avere un linguaggio comune per definire gli eventi e conseguentemente e le modalità operative.

Nella redazione del presente capitolo ci si è basati sulla classificazione degli incendi proposta da G. Cesti e A. Cerise (1992) che si basa su quella ideata da G. CALABRI (1984) e su quella americana descritta da A. A. Brown e K. P. Davis (1973). Gli autori individuano tre gruppi principali di incendi in relazione alla tipologia del comportamento del fronte del fuoco ed allo strato di vegetazione interessato.

Nella tabella che segue sono evidenziate sinteticamente le caratteristiche delle diverse tipologie di incendio.

TABELLA SINOTTICA DEI TIPI DI INCENDIO		
TIPO DI INCENDIO	TIPO DI EVOLUZIONE	CARATTERISTICHE PRINCIPALI
<u>SOTTERRANEO</u>	superficiale	interessa gli strati organici superficiali del suolo (lettiera), si caratterizza per l'assenza di fiamma viva e la scarsa presenza di fumo
	profondo	interessa gli apparati radicali o gli strati torbosi del suolo, si caratterizza per l'assenza di fiamma viva e di fumo
<u>RADENTE</u>	di lettiera	interessa lo strato meno compattato della lettiera
	di strato erbaceo	interessa lo strato erbaceo secco; il fuoco si propaga per combustione totale o parziale delle parti epigee delle specie erbacee
	di strato arbustivo	si propaga nello strato arbustivo di un bosco o quando la formazione vegetale è costituita esclusivamente da arbusti di varia altezza e sviluppo
<u>DI CHIOMA</u>	passivo	il fuoco delle chiome è in stretta correlazione con l'avanzamento del fronte radente
	attivo	come si verifica nel caso dell'incendio di chioma passivo si ha una correlazione con il fronte radente, ma a differenza di quest'ultimo non si ha una stretta dipendenza
	indipendente	il fronte di fuoco avanza nello strato arboreo, passando da una chioma all'altra, completamente svincolato dal fronte di fuoco radente sottostante

## 1.5.1 INCENDIO SOTTERRANEO

E' un tipo di incendio che interessa gli orizzonti organici del suolo, si caratterizza per l'assenza di fiamma viva, la scarsa presenza di fumo ed è contraddistinto da un processo di combustione della materia organica a bassa emanazione termica (foglie, rametti, humus, radici) che progredisce lentamente in conseguenza della scarsa circolazione dell'ossigeno (comburente).

Si tratta di combustione lenta e di carbonizzazione.

Generalmente l'incendio sotterraneo si manifesta dopo il passaggio dell'incendio radente e può generare nuovi focolai con fiamma viva esterni rispetto al limite del perimetro dell'incendio visibile in superficie.

Le distanze coperte da un incendio sotterraneo possono variare da poco più di un centimetro a qualche decina di centimetri l'ora.

I tempi che caratterizzano la progressione di questo tipo di incendi fanno sì che a distanza di diverse ore e in qualche caso di giorni possano manifestarsi riprese di incendi di superficie.

Il fattore che predispone agli incendi sotterranei è una prolungata assenza di piogge, in ogni caso influiscono la topografia e il tipo di terreno.

Su versanti e crinali più esposti ai venti e all'insolazione, si avrà una più rapida disidratazione della sostanza organica presente nel suolo e quindi una maggiore predisposizione alla combustione, mentre negli impluvi le condizioni di elevata umidità saranno conservate più a lungo e sarà più difficile l'innesco di focolai sotterranei.

Per quanto riguarda il tipo di terreno sarà maggiormente suscettibile quello ad elevata componente organica.

Nei terreni forestali evoluti si distinguono, partendo dalla superficie, uno o più **orizzonti organici** (O), uno o più orizzonti cosiddetti **eluviali**, in cui la sostanza organica è miscelata con la sostanza minerale (A), orizzonti cosiddetti **illuviali** di accumulo di sostanza minerale proveniente dall'alto (B) e infine orizzonti costituiti da roccia frammentata in fase di alterazione (C), la stratigrafia si chiude con la roccia compatta inalterata (R).

Non sempre i suoli sono caratterizzati dalla presenza contemporanea di tutti i suddetti orizzonti.

In relazione allo sviluppo più o meno marcato degli orizzonti organici e alle loro caratteristiche chimico-fisiche si avrà una maggiore o minore predisposizione all'innesco di incendi sotterranei.

Condizioni di maggiore umidità degli orizzonti organici del suolo

Nello strato più superficiale della lettiera si riconoscono facilmente le foglie indecomposte di Castagno che rappresentano il cosiddetto combustibile leggero



Impluvio in bosco ceduo misto di Castagno, Leccio e Carpino nero - Vernazza (SP).

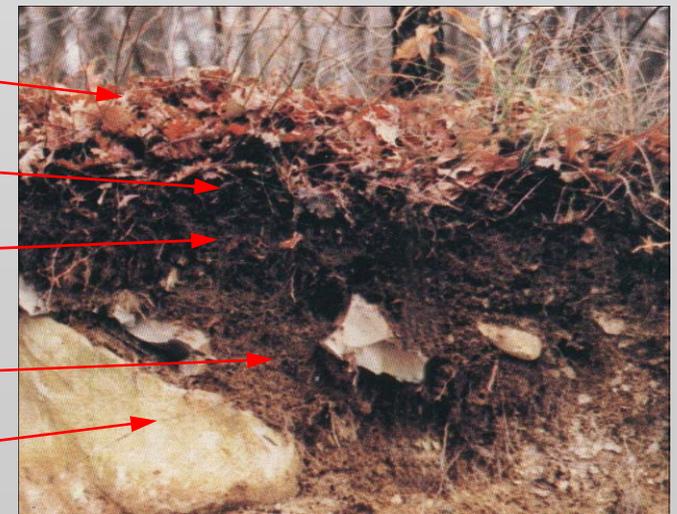
O<sub>1</sub> Lettiera indecomposta (foglie, rametti, ecc.)

O<sub>2</sub> lettiera in fermentazione

O<sub>3</sub> humus

A Orizzonte organominerale

R Roccia madre compatta non alterata



Profilo di suolo in bosco di Roverella (*Quercus pubescens*)

## segue 1.5.1 INCENDIO SOTTERRANEO

Gli incendi sotterranei si distinguono in **superficiali e profondi** in relazione agli strati di suolo interessati dal processo di combustione.

### Incendio sotterraneo superficiale

La combustione interessa gli strati superficiali del suolo, in particolare gli orizzonti organici, mantenendosi il contatto diretto tra il materiale in combustione e l'atmosfera.

Questo fa sì che l'incendio sotterraneo sia influenzato dalle condizioni meteorologiche esterne, in particolare dall'umidità dell'atmosfera che a sua volta influisce sull'umidità dei primi orizzonti del suolo.

La variazione di queste condizioni è alla base dell'evoluzione dell'incendio sotterraneo in radente con fiamma viva.

In questo tipo di incendio la trasmissione del calore avviene principalmente per conduzione e in minore misura per irraggiamento.

Gli incendi sotterranei superficiali si riconoscono in quanto danno luogo alla formazione sulla superficie del suolo di aree nere più o meno circolari che emettono fumo bianco e che rappresentano la manifestazione esterna della combustione sotterranea in atto.

Fronte di avanzamento della combustione che dagli orizzonti organici raggiunge la superficie del suolo venendo in contatto con l'atmosfera.

Quando il fronte raggiungerà la zona in cui sono presenti arbusti, se ci saranno le condizioni predisponenti, si potrà sviluppare una ripresa dell'incendio radente con fiamma viva

Emissione di fumo che evidenzia un processo di combustione in atto.

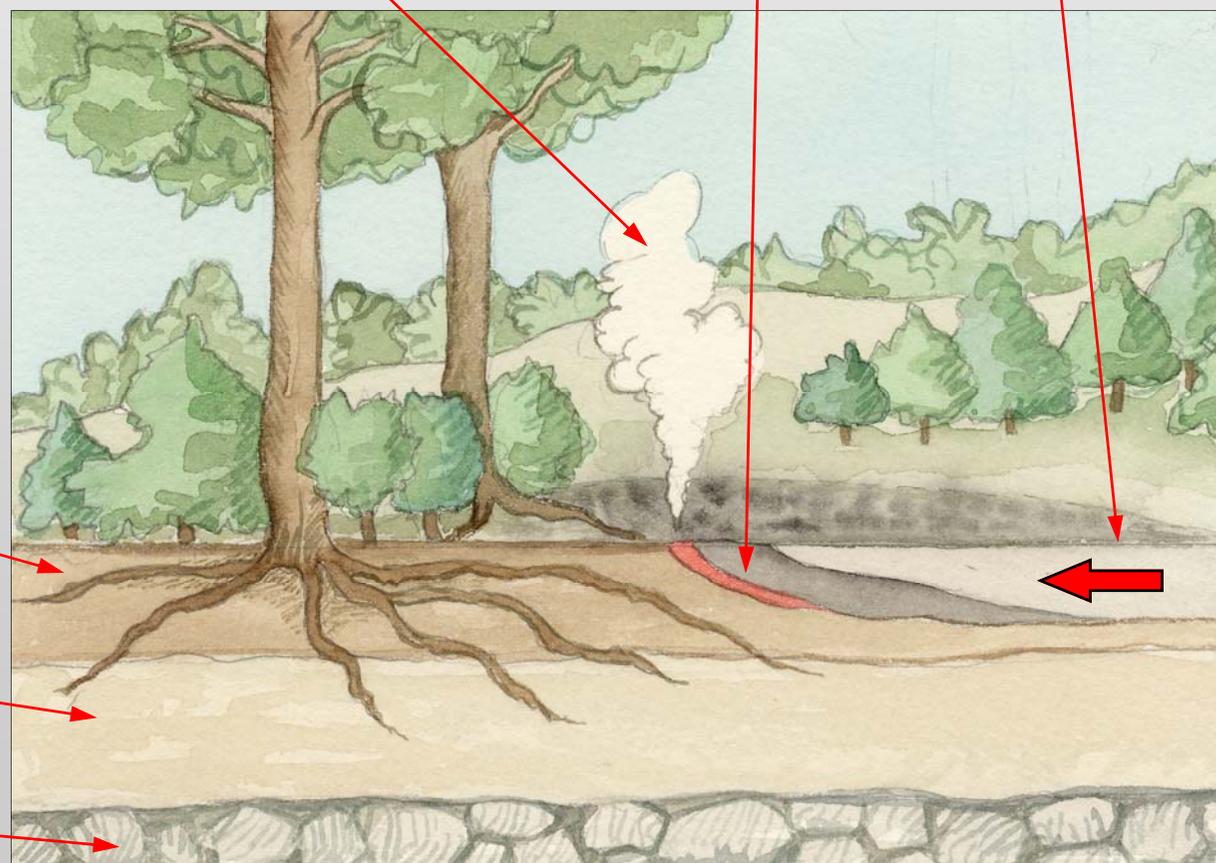
Direzione di avanzamento della combustione all'interno degli orizzonti organici del suolo

Orizzonte del suolo ad elevato contenuto di sostanza organica caratterizzato da una buona micro e macroporosità.

Il contenuto di aria nei macropori permette un processo di lenta combustione

Orizzonte del suolo costituito da sostanza minerale miscelata con quella organica

Substrato di roccia parzialmente fratturata



Sezione di suolo di un bosco di latifoglie in cui è in corso un incendio sotterraneo superficiale

### Incendio sotterraneo profondo

Si propaga nel suolo senza contatto diretto evidente con l'atmosfera esterna per cui la sua evoluzione è indipendente, entro certi limiti, dai fattori meteorologici esterni (vento, umidità, piovosità).

Si possono verificare due tipologie di incendi sotterranei profondi:

- Incendio degli apparati radicali  
*E' frequente in incendi di popolamenti sia di conifere sia di latifoglie. In questo caso la combustione interessa le branche radicali che si sviluppano negli strati più superficiali di suolo e negli accumuli di detriti di falda*

- Incendio di terreni torbosi.

*E' legato a particolari condizioni pedologiche poco frequenti in Italia.*

*Si tratta, infatti, della combustione dello strato di torba che caratterizza i terreni formati in condizioni climatiche di particolare umidità.*

L'incendio sotterraneo profondo è di difficile individuazione in quanto non ha manifestazioni esterne evidenti, e perciò è un fenomeno insidioso per gli operatori A.I.B.

In questo caso la trasmissione del calore avviene unicamente per conduzione.

L'emissione di fumo è nulla o limitatissima.

Orizzonte del suolo ad elevato contenuto di sostanza organica caratterizzato da una buona micro e macroporosità.

Il contenuto di aria nei macropori permette un processo di lenta combustione

Orizzonte del suolo costituito da sostanza minerale miscelata con quella organica

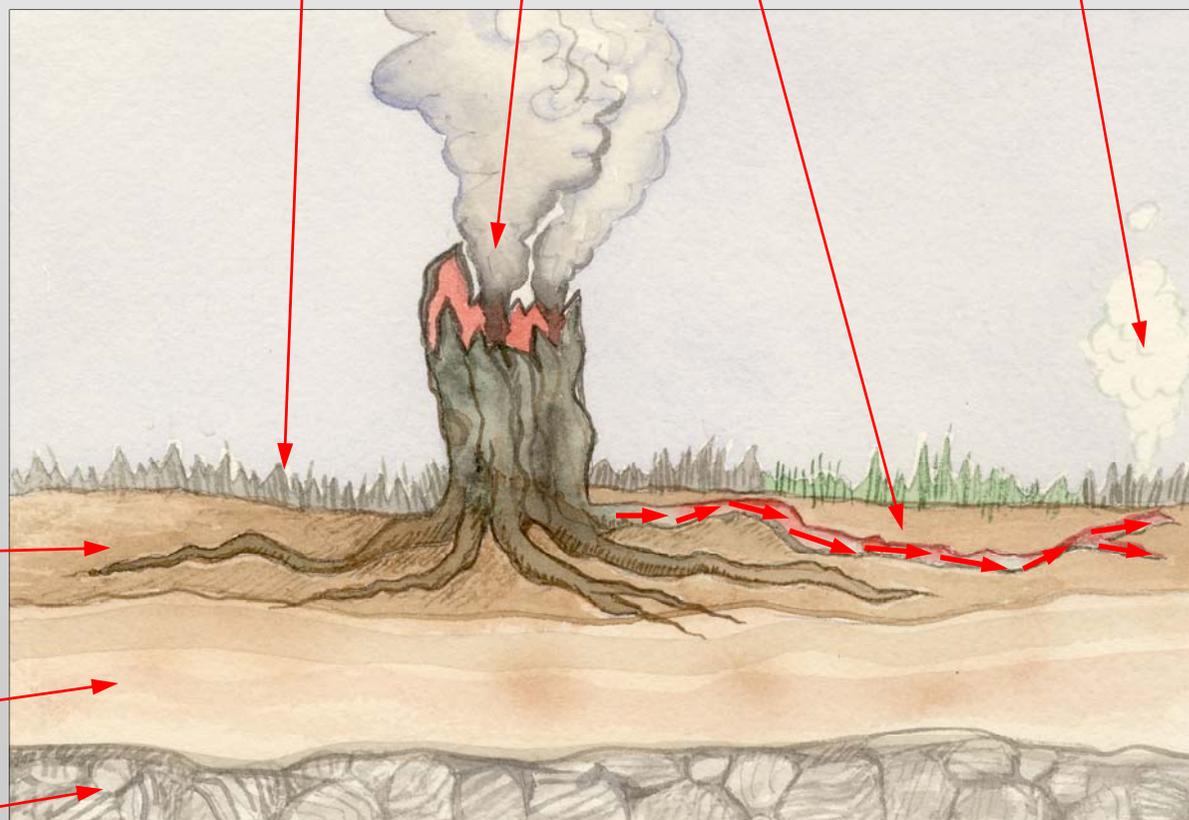
Substrato di roccia parzialmente fratturata

Ceppaia cava per effetto del processo di combustione che la sta consumando lentamente

Area percorsa dal fuoco che ha interessato i combustibili di superficie

Limitata emissione di fumo che evidenzia un processo di combustione in atto.  
Da questo punto il fuoco latente viene all'esterno e da luogo ad una **ripresa dell'incendio**

Direzione della combustione che partendo dalla ceppaia avanza all'interno delle sezioni delle radici



Sezione di suolo di un bosco di latifoglie percorso dal fuoco, in cui si è sviluppato un focolaio sotterraneo profondo che da luogo ad una ripresa di incendio a distanza.

## 1.5.2 INCENDIO RADENTE

Gli incendi caratterizzati dal fuoco radente sono quelli in cui vengono bruciati i combustibili sulla superficie del suolo, quali:

- **la lettiera indecomposta;**
- **lo strato erbaceo;**
- **lo strato arbustivo costituito da cespugli, arbusti e giovani piante forestali.**

Si tratta di una tipologia di incendi molto frequente che si manifesta sia in forma autonoma sia come fase evolutiva iniziale o ciclica di altre tipologie di incendio; in particolare di quelli cosiddetti di chioma, passivi e attivi con i quali può essere in stretta connessione dinamica.

La modalità di propagazione del calore che caratterizza il fronte di avanzamento dell'incendio radente avviene principalmente per irraggiamento.

### Incendio radente di lettiera

E' un tipo di incendio che interessa lo strato meno compatto della lettiera (**orizzonte O<sub>1</sub>**, del suolo costituito dalla necromassa indecomposta); si propaga infatti nella parte superficiale del terreno dando luogo alla combustione di foglie secche (aghi, foglie a lamina larga, ecc.), strobili, frammenti di corteccia, rametti più o meno indecomposti.

L'incendio che ne deriva generalmente è caratterizzato da un fronte di avanzamento continuo e regolare che progredisce con velocità comprese tra 2 e 3 metri al minuto, anche se, in concomitanza di forte vento e di versanti acclivi sono state registrate velocità di avanzamento sino a 30 metri al minuto.

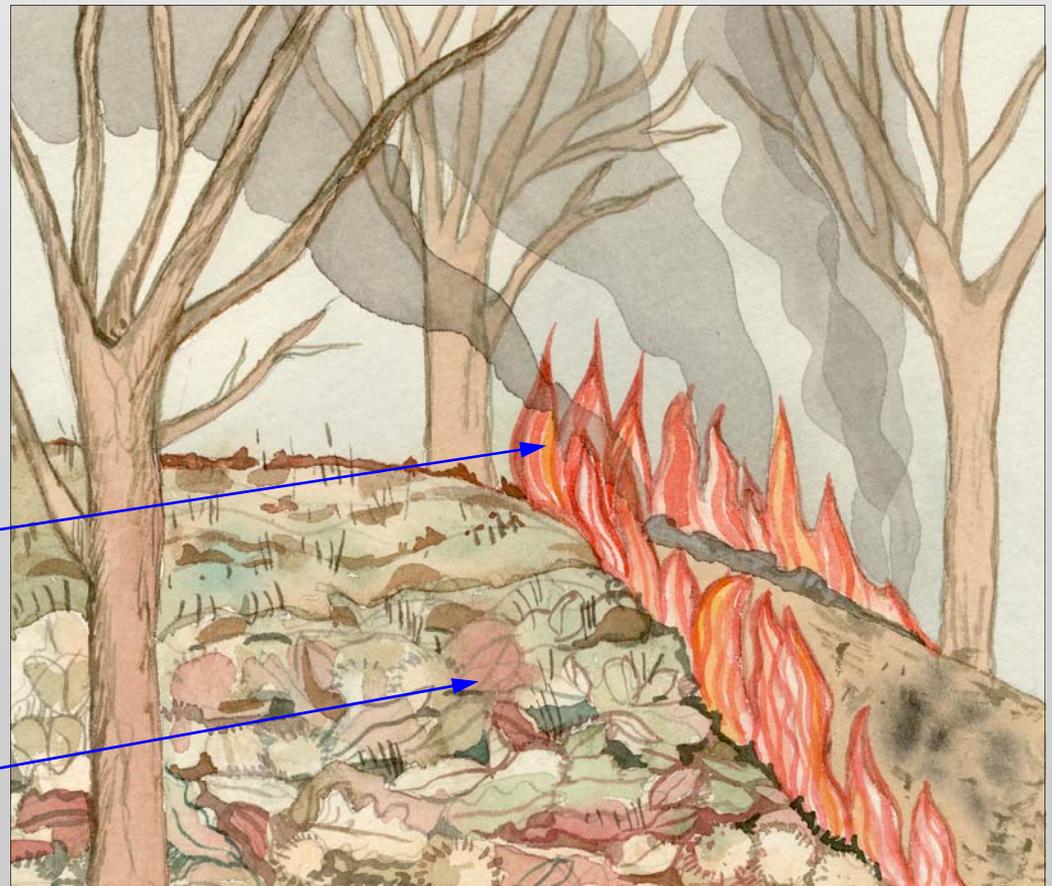
Le fiamme che si generano nel processo di combustione mediamente non superano il metro di altezza e l'intensità dell'incendio risulta medio-bassa (100-800 Kw/m).

Si tratta di un processo di combustione contraddistinto da scarsa fumosità.

Il fronte di avanzamento dell'incendio radente di lettiera è caratterizzato da una ridotta altezza di fiamma ed è aggredibile direttamente dagli operatori con attrezzi quali il flabello o il soffiatore.

La lettiera indecomposta all'inizio dell'inverno è classificabile come un combustibile leggero, in quanto non ha ancora subito il compattamento e l'inumidimento che si verifica nel corso dei mesi invernali.

In questa fase sono ancora ben riconoscibili le specie forestali a cui appartengono le varie foglie e/o frutti depositati sul terreno.



Incendio radente di lettiera sviluppatosi in periodo invernale in un bosco misto di latifoglie decidue

### L'incendio radente di strato erbaceo

Quando l'incendio radente interessa lo strato erbaceo secco il fuoco si propaga per combustione totale o parziale delle parti epigee (cioè fuori terra) delle specie erbacee, senza che vengano coinvolti nel processo di combustione i fusti degli alberi.

Tale tipologia di incendio è caratterizzata da un tempo di preriscaldamento molto breve e da una propagazione più rapida rispetto all'incendio di lettiera; le velocità di avanzamento registrate sono dell'ordine di 5-10 metri al minuto, con un'altezza di fiamma oscillante tra pochi centimetri e 2 metri.

Anche in questo caso, come per l'incendio radente di lettiera, l'omogeneità e la continuità orizzontale del combustibile danno luogo a fronti di avanzamento del fuoco continui e regolari.

In relazione all'umidità dello strato erbaceo il processo di combustione potrà essere contraddistinto da fumosità di colore bianco più o meno marcato.

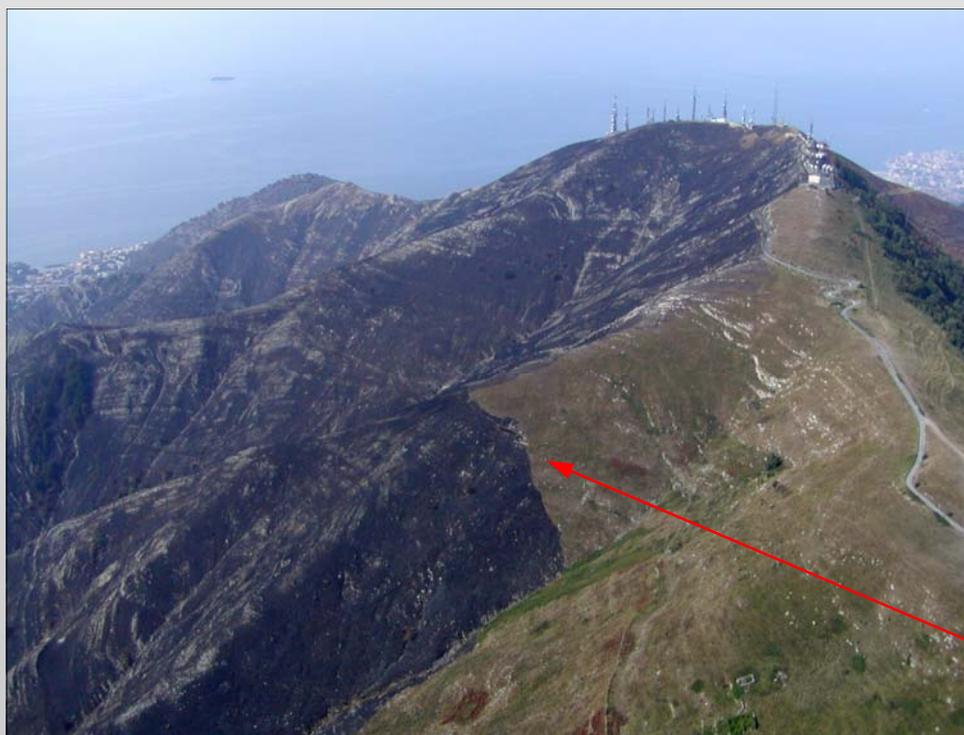
Fronte di avanzamento dell'incendio radente.

In questo caso la direzione di progressione del fuoco è in contropendenza e pertanto la velocità di avanzamento risulta più limitata

Incendio radente di strato erbaceo - Deiva Marina (SP), agosto 1998.



Si noti la colorazione giallastra dello strato erbaceo che evidenzia uno stato di secchezza del combustibile tipico del periodo estivo



Si noti la continuità e regolarità del fronte di avanzamento dell'incendio radente

Effetti di un incendio radente di strato erbaceo in una prateria di graminacee loc. Monte Fascie (GE)

## segue 1.5.2 INCENDIO RADENTE

### L'incendio radente di cespugliato, del sottobosco arbustivo e della macchia.

Questo tipo di incendio si propaga tra i cespugli che compongono lo strato arbustivo di un bosco o quando la formazione vegetale è costituita esclusivamente da arbusti di varia altezza e sviluppo.

Quest'ultima tipologia vegetazionale se contraddistinta da arbusti e suffrutici sempreverdi, xerofilli, ricchi di olii essenziali, viene indicata in ambito mediterraneo con il termine di macchia.

Nel caso della cosiddetta bassa macchia, contraddistinta da arbusti di specie mediterranee di altezza compresa tra 1,5 e 2 metri, la dinamica evolutiva dell'incendio è ascrivibile alla tipologia del fuoco radente, mentre là dove la formazione si caratterizza per la presenza di esemplari di piccoli alberi (es. Leccio, Sughera, Corbezzolo, Orniello, ecc.) frammisti ad arbusti e suffrutici che conferiscono alla struttura del popolamento una altezza compresa tra i 4 ed 6 metri, si parla di alta macchia o macchia-foresta il cui comportamento in caso di incendio presenta caratteristiche assimilabili all'incendio di chioma.

A tal riguardo non è raro che gli incendi che si verificano nelle macchie foreste raggiungano velocità di avanzamento del fronte del fuoco sino a 70 metri al minuto con fiamme alte sino a 12 metri.

L'incendio radente di formazioni arbustive è caratterizzato da intensità del processo di combustione comprese tra i 200 ed i 300 Kw/m con punte che possono raggiungere i 1.500 Kw/m.

E' un processo di combustione contraddistinto da scarsa fumosità.



*Incendio radente di sottobosco arbustivo di Erica arborea e Ginestra generatosi in un popolamento di Pino marittimo rado - Stedomelli (SP), luglio 2004.*



G. Lodola

Si noti l'altezza raggiunta dalle fiamme per effetto della liberazione delle sostanze volatili estremamente infiammabili contenute nei tessuti fogliari delle specie mediterranee.

*Incendio in macchia foresta di leccio in una fase particolarmente violenta - Comune di Vernazza (SP), località Monte Santa Croce, agosto 1998.*

### 1.5.3 INCENDIO DI CHIOMA

L'incendio radente può evolversi in incendio di chioma quando le caratteristiche costitutive del combustibile, la sua disposizione spaziale, le condizioni topografiche e meteorologiche sono tali da portare le chiome degli esemplari arborei ad un riscaldamento sufficiente ad innescare il processo di combustione con produzione di fiamma viva.

In questo caso l'incendio interesserà le chiome degli alberi, sia singolarmente, sia nella loro totalità e potrà propagarsi da albero ad albero.

Gli incendi di questo tipo sono caratterizzati da grandi velocità di avanzamento con liberazione di notevole energia termica. Questo anche in conseguenza del fatto che al di sopra delle chiome degli alberi l'azione del vento è maggiore rispetto all'interno del popolamento.

Gli incendi di chioma si verificano tipicamente in quelle formazioni vegetali in cui predominano specie che contengono nei tessuti fogliari e legnosi resine e oli essenziali che, come già visto nel capitolo specifico dei combustibili, sono sostanze ad elevato potere calorico che liberandosi nell'aria a basse temperature danno luogo alle ben note reazioni esplosive tipiche degli incendi di chioma passivi.

Anche il contenuto di acqua del combustibile predispone agli incendi di chio-

ma; infatti al di sotto di una certa soglia di umidità dei tessuti fogliari della chioma (dal 45 al 30%), il preriscaldamento conseguente all'emanazione termica del fuoco radente porta rapidamente alla temperatura di ignizione della chioma della pianta che improvvisamente si infiamma.

Ma anche la disposizione spaziale delle piante del popolamento predispone agli incendi di chioma. In particolare la stratificazione verticale caratterizzata da continuità tra strato arbustivo e strato arboreo facilita il preriscaldamento delle chiome sotto l'effetto dell'incendio radente; viceversa una distanza elevata tra i due strati, dell'ordine di diversi metri, impedisce alle chiome degli esemplari arborei di raggiungere la temperatura di accensione e l'incendio rimane di tipo radente.

Gli incendi di chioma sono caratterizzati da alta intensità, elevata velocità di propagazione e danno luogo a tutti quei particolari comportamenti del fuoco e del fumo esaminati nello specifico capitolo, quali *spotting*, *colonne convettive*, *vortici*

Si possono individuare tre tipi di incendi di chioma diversi in base alla dinamica di avanzamento del fronte

- **Incendio di chioma passivo**
- **Incendio di chioma attivo**
- **Incendio di chioma indipendente**



Fronte di incendio di chioma attivo in bosco di Pino marittimo - Deiva Marina (SP), agosto 1998.

### L'incendio di chioma passivo

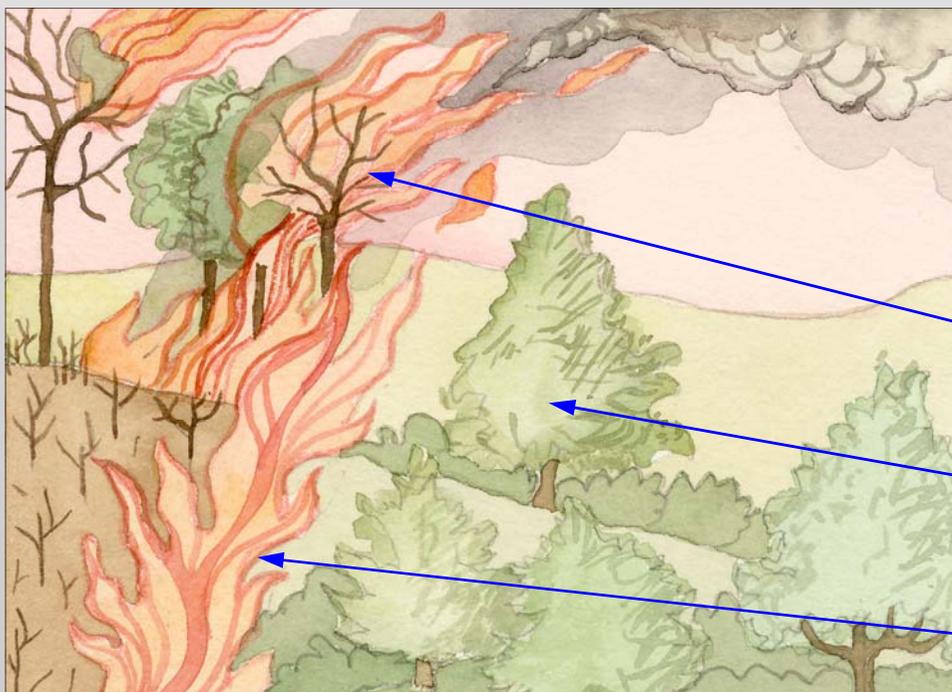
E' tipico dei popolamenti forestali radi, in cui il piano arboreo può essere costituito da latifoglie o conifere, vegetanti in zone pianeggianti o su versanti in leggera pendenza e in assenza di vento o con brezze leggere.

Con queste condizioni il fuoco delle chiome è in stretta correlazione con l'avanzamento del fronte radente. Il fuoco radente si sviluppa con intensità tale da pre-riscaldare e incendiare le chiome man mano che avanza.

Tipiche sono le reazioni esplosive isolate (*torching*) che interessano singoli alberi o piccoli gruppi. In questi casi le fiamme possono superare l'altezza di 10 metri.

E' soprattutto la discontinuità orizzontale dei combustibili che determina l'alternanza nella progressione del fuoco che passa dall'incendio di tipo radente, repentinamente, a quello di chioma, quando l'emanazione termica fornita dal processo di combustione del sottobosco è sufficiente a far raggiungere ai palchi più bassi della chioma degli esemplari arborei la temperatura di accensione.

Le velocità di avanzamento del fronte si aggirano sui 6-15 metri al minuto.



Incendio di chioma passivo sviluppatosi in un popolamento rado di latifoglie. Si noti la discontinuità orizzontale dei combustibili.



Incendio di chioma passivo sviluppatosi in bosco di Pino d'Aleppo. Si noti l'intenso fumo nero sprigionatosi dalle chiome in fiamme la cui tipica colorazione è riconducibile alla volatilizzazione di sostanze carboniose liberate nel processo di combustione.

Fenomeno esplosivo (*torching*) determinato dall'improvviso raggiungimento della temperatura di ignizione della chioma sotto l'effetto del riscaldamento da parte del fronte radente.

Chiome non ancora interessate dal processo di combustione.

Fronte dell'incendio radente.

### L'incendio di chioma attivo

E' una forma intermedia tra l'incendio di chioma passivo e quello indipendente.

Come si verifica nel caso dell'incendio di chioma passivo si ha una correlazione con il fronte radente, ma a differenza di quest'ultimo non si ha una stretta dipendenza.

L'energia necessaria per la propagazione del fuoco tra i combustibili fogliari è fornita principalmente dalle chiome che bruciano, ma non è ancora sufficiente per una propagazione indipendente, in quanto la quota di energia mancante è fornita comunque dal fronte radente che avanza parallelamente sotto il piano arboreo.

In pratica, si realizza un fronte unico di avanzamento che unisce il sottobosco e il piano arboreo, conferendo alle fiamme che possono raggiungere nei casi di maggior intensità anche il doppio dell'altezza delle piante in combustione, uno sviluppo pressoché verticale.

Le velocità di avanzamento del fronte si aggirano sui 10-30 metri al minuto con punte di 40 metri al minuto.

Sono state registrate anche velocità di propagazione di 100 metri al minuto e intensità sino a 50.000 Kw al metro lineare di fronte.

Si noti la caratteristica verticalità delle fiamme e la notevole altezza raggiunta rispetto alle chiome degli esemplari arborei.

Dopo il passaggio di questo tipo di incendio le chiome degli alberi risulteranno per buona parte calcinate dal fuoco; l'apparato fogliare risulterà completamente consumato, compresi, nei casi di maggior intensità della combustione, i rametti più sottili posti nella parte più periferica della chioma.

Il fuoco radente e quello di chioma avanzano parallelamente conferendo al fronte dell'incendio una continuità nella progressione.



*Incendio di chioma attivo sviluppatosi in un popolamento di conifere con sottobosco costituito da specie della macchia mediterranea.*

### L'incendio di chioma indipendente

Tra le tipologie di incendi sin'ora esaminate l'incendio di chioma indipendente è sicuramente il più distruttivo e pericoloso.

Un incendio di chioma può diventare indipendente in presenza di vento forte o quando il fronte di avanzamento interessa versanti a forte pendenza.

L'azione del vento, come già esaminato nel capitolo specifico, operando una maggiore inclinazione delle fiamme aumenta il flusso di calore per convezione nelle chiome, e accelera il preriscaldamento e la conseguente accensione.

In questo caso si genera un fronte di fuoco che avanza nello strato arboreo, passando da una chioma all'altra, completamente svincolato dal fronte di fuoco radente sottostante. Nei casi di particolare violenza si crea un fenomeno che gli americani chiamano *running fire* (tempesta di fuoco).

La violenta combustione delle chiome genera una elevatissima quantità di calore radiante che determina un preriscaldamento rapidissimo dei vari combustibili vegetali che caratterizzano il popolamento.

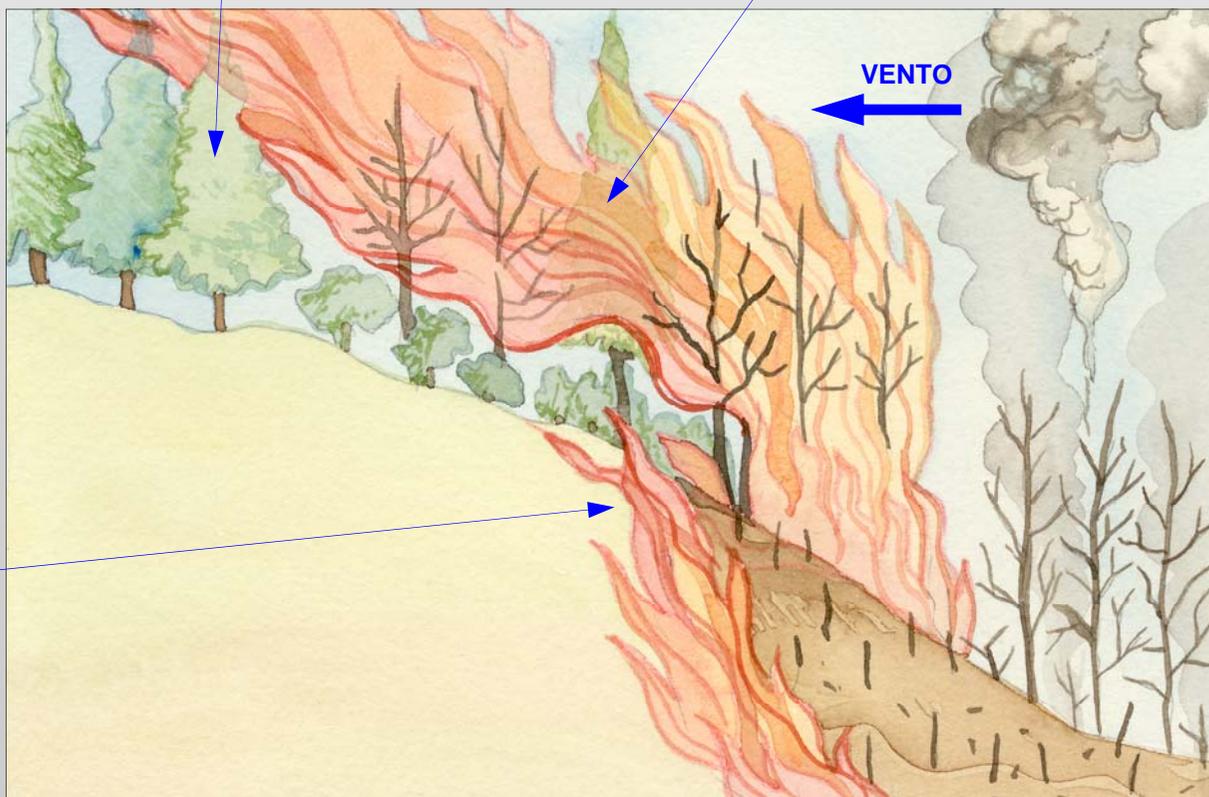
La testa dell'incendio si caratterizza per una velocità di avanzamento elevata a cui si associano fenomeni di spotting a distanza rispetto al fronte principale, con formazione di focolai secondari che creano notevoli problemi nelle operazioni di spegnimento.

Fronte dell'incendio radente ormai svincolato dall'incendio di chioma che procede indipendente lungo il versante

Il forte vento e la pendenza del versante inclinano la fiamma determinando un rapido preriscaldamento delle chiome degli alberi a monte rispetto al fronte di avanzamento

Il fuoco passa di chioma in chioma senza essere più influenzato dal fronte radente che procede molto più lento nella sua progressione.

In questo caso le fiamme raggiungono altezze notevoli generando una quantità di calore elevatissima



Incendio di chioma indipendente sviluppatosi in un popolamento di conifere.

## 1.6 TIPI DI INCENDIO BOSCHIVO IN RELAZIONE ALLE PRINCIPALI FORMAZIONI FORESTALI IN LIGURIA

### Le principali formazioni forestali della Liguria

Le formazioni boscate in Liguria occupano una superficie superiore al 65 % del territorio regionale, con punte di oltre l'80% in alcune province (Val Trebbia in provincia di Genova), per un totale di circa 400.000 ettari di superficie forestale, comprensiva delle formazioni arbustive. Di questi 400.000 ettari ben 240.000 sono costituiti da boschi governati a ceduo (*la rinnovazione del bosco avviene per via agamica mediante l'emissione di polloni dalle ceppaie delle piante sottoposte al taglio*) che rappresentano quindi oltre il 65 % della superficie forestale regionale, mentre le fustaie (*la rinnovazione avviene per via gamica mediante la disseminazione naturale*) sia di latifoglie che di conifere, ricoprono una superficie pari a circa 76.000 ettari.

ZONA, TIPO, SOTTOZONA	Temperature C°			
	Media annua	Media mese più freddo (limiti inferiori)	Media mese più caldo	Media dei minimi (limiti inferiori)
<b>A — Lauretum</b>				
Tipo I (piogge uniformi) - sottozona calda	15° a 23°	7°	-	- 4°
Tipo II (siccità estiva) - sottozona media	14° a 18°	5°	-	- 7°
Tipo III (piogge estive) - sottozona fredda	12° a 17°	3°	-	- 9°
<b>B — Castanetum</b>				
<b>Sottozona calda</b>	10° a 15°	0°	-	- 12°
Tipo I - senza siccità estiva				
Tipo II - con siccità estiva				
<b>Sottozona fredda</b>	10° a 15°	- 1°	-	- 15°
Tipo I - con piogge < 700 mm				
Tipo II - con piogge > 700 mm				
<b>C — Fagetum</b>				
<b>Sottozona calda</b>	7° a 12°	- 2°	-	- 20°
<b>Sottozona fredda</b>	6° a 12°	- 4°	-	- 25°
<b>D — Picetum</b>				
<b>Sottozona calda</b>	3° a 6°	- 6°	-	- 30°
<b>Sottozona fredda</b>	3° a 8°	- 6°	15°	Anche - 30°
<b>E — Alpinetum</b>	Anche < 2°	- 20°	10°	Anche - 40°

Prospetto del sistema di classificazione in zone fitoclimatiche proposto da Pavari (tratto da V. Giacomini "La Flora" 1958)

## segue 1.6 TIPI DI INCENDIO BOSCHIVO IN RELAZIONE ALLE PRINCIPALI FORMAZIONI FORESTALI IN LIGURIA

Per descrivere la distribuzione delle varie formazioni forestali nell'ambito del territorio regionale, si fa riferimento al noto sistema di classificazione in zone fitoclimatiche ideato da PAVARI. Si tratta di una classificazione basata sull'individuazione di particolari indici riguardanti il clima attraverso i quali vengono definite una serie di aree di vegetazione caratterizzate da singole specie o da popolamenti vegetali. Dal punto di vista fitoclimatico in Liguria sono rappresentate tutte le zone dal Lauretum sino all'Alpinetum.

In generale si distingue un settore costiero, spesso contraddistinto da ripide scogliere e versanti rocciosi, e una dorsale collinare e montagnosa che corre lungo tutto l'arco della regione e nelle sue vette più alte, coincide con il crinale appenninico e le Alpi marittime. Lo sviluppo estremamente tormentato del territorio determina un mosaico di condizioni microclimatiche (ingressioni e alternanze delle zone fitoclimatiche) con una conseguente distribuzione della vegetazione che non segue necessariamente il fattore altimetrico.

Nella fascia costiera ritroviamo il **Lauretum**, con le **sottozone calda e media**, che ospita formazioni arbustive ascrivibili alla **macchia mediterranea** in cui prevalgono, in funzione delle condizioni pedoclimatiche locali oltre che dalla pressione antropica, i cisti, le ginestre, l'Erica arborea, il Mirto, la Fillirea, il Ginepro, il Rosmarino ed altre specie, tra cui l'Euforbia arborea ed il Corbezzolo. Tali formazioni conferiscono alla costa una fisionomia tipica che trova la sua massima espressione in settori come il Monte di Portofino e le Cinque Terre solo per citarne alcuni tra i più significativi.

Altre formazioni forestali tipiche del settore costiero ma non solo, sono le **pinete termofile**. I popolamenti di conifere mediterranee più diffusi sono costituiti dal **Pino marittimo**; specie, eliofila e frugale inizialmente utilizzata anche nei rimboschimenti, successivamente ha avuto una particolare diffusione colonizzando sia i coltivi abbandonati, sia i terreni in cui il Castagno era stato diffuso, interessando anche le aree denudate per effetto del passaggio fuoco, in particolare i versanti meridionali e i crinali. La sua notevole diffusione è dovuta, alla grande adattabilità alle diverse condizioni climatiche e pedologiche (*plasticità*). Inoltre il Pino marittimo è caratterizzato da una notevole velocità di accrescimento, tanto che, soprattutto nei primi anni, prende il sopravvento sulle altre specie forestali e costituisce, nell'arco di pochi anni, popolamenti puri, tendenzialmente disetanei. Nei versanti più caldi di frequente il sottobosco delle pinete ospita specie tipiche del bosco sempreverde mediterraneo tra cui il Leccio, il Corbezzolo e l'Erica arborea.

Attualmente i popolamenti di Pino marittimo in molte aree versano in uno stato di degrado dovuto a molteplici fattori sia di natura fitopatologica (*cocciniglia del Pino marittimo*) che antropica, come i ripetuti incendi che colpiscono le medesime aree boscate a breve distanza di tempo. Tra i pini



Panoramica dell'entroterra della provincia della Spezia. Si noti la continuità del manto forestale che copre intere vallate senza soluzione di continuità.

mediterranei, che formano consorzi pressoché puri, si segnala anche il **Pino d'Aleppo**; si tratta di una specie particolarmente frugale, termofila e xerofila che colonizza i versanti della zona costiera prediligendo i terreni superficiali e ricchi di scheletro, evolutisi sugli affioramenti rocciosi calcareo-carbonatici. Sempre in prossimità della costa, nelle zone meno disturbate, si segnala la presenza di lembi relitti di **lecceta**. Il Leccio si presenta più spesso in formazioni tipo macchia, stadio che nella successione dinamica precede la fustaia, quest'ultima rappresenta la vegetazione climax di un ampio settore del territorio regionale. Al Leccio si mescolano a tratti il Pino d'Aleppo, l'Orniello ed il Carpino nero.

Le zone fitoclimatiche tipiche del settore più interno sono il **Lauretum**, **sottozona fredda**, ed il **Castanetum**, dominato dalla presenza del **Castagno**.

L'areale naturale del Castagno è stato fortemente ampliato ad opera dell'uomo, che

## segue 1.6 TIPI DI INCENDIO BOSCHIVO IN RELAZIONE ALLE PRINCIPALI FORMAZIONI FORESTALI IN LIGURIA

fin da tempi antichissimi ne ha sfruttato le sue potenzialità alimentari e di produzione legnosa. Attualmente la specie è in costante regressione per la diffusione di alcune fitopatologie (*cancro del castagno* e *mal dell'inchiostro*) oltre che per effetto del progressivo abbandono delle necessarie pratiche colturali.

Con il tempo, infatti, si è verificata una diffusa conversione dei castagneti da frutto a cedui, all'interno dei quali si sono progressivamente insediate altre specie, inizialmente la Roverella, il Cerro ed il Carpino nero e, successivamente, in particolare lungo i crinali e nelle zone maggiormente soleggiate, il Pino marittimo. Il sottobosco è frequentemente dominato dalla Felce aquilina che predilige i terreni a pH tendenzialmente acidi tipici dei castagneti.

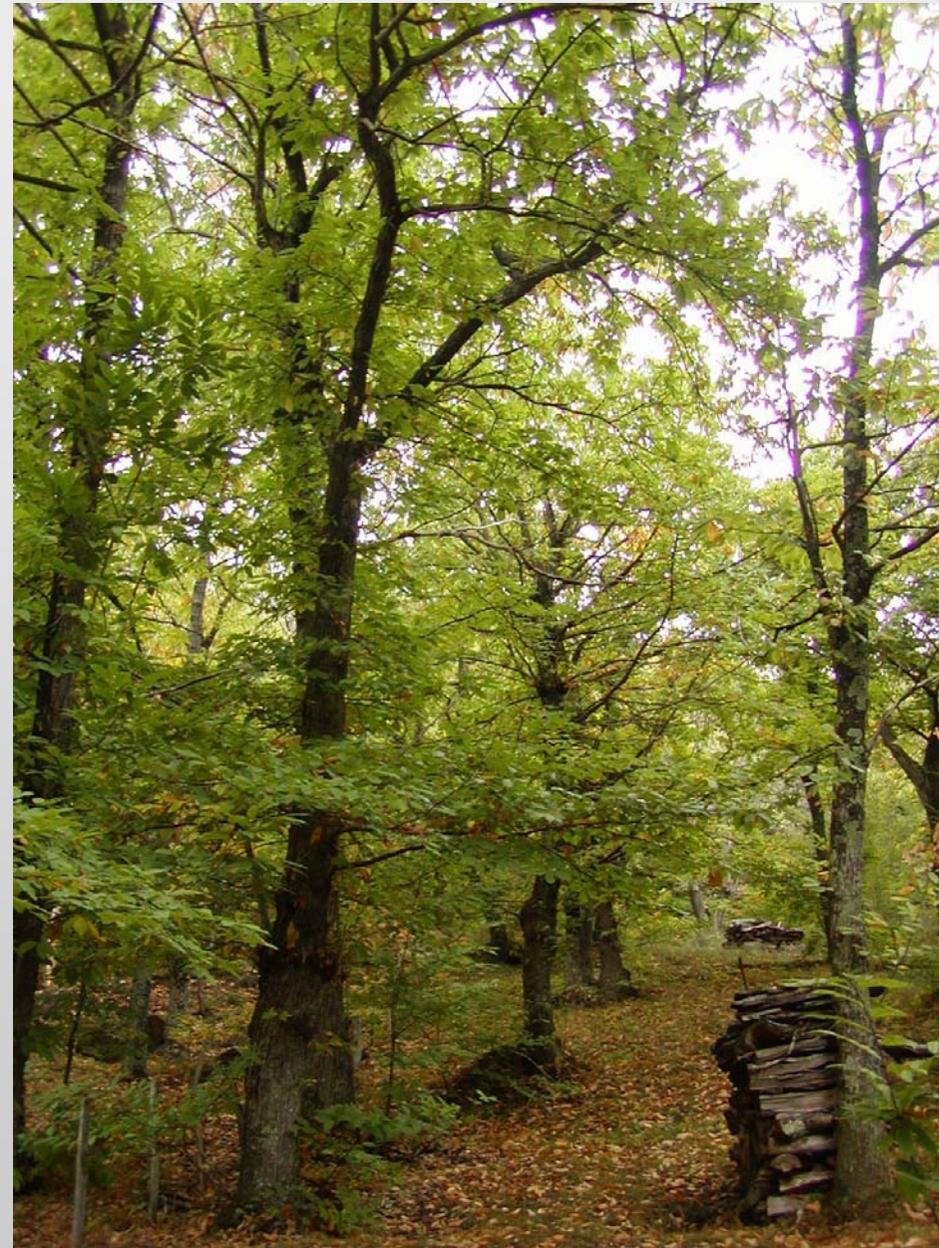
Sui rilievi del settore interno, sono presenti boschi misti di querce caducifoglie in cui predominano la **Roverella**, la **Rovere** (Valle Stura) e il **Cerro** la cui presenza è limitata al settore del Levante ligure. Queste specie raramente formano boschi puri e sono spesso associate al Carpino nero, al Carpino bianco, all'Orniello, all'Acerò campestre e ad altre specie, in relazioni alle diverse condizioni stazionali che caratterizzano il territorio .

Consorzi caratteristici vegetano lungo i corsi d'acqua, dove si riscontra la presenza dell'Ontano nero, di Salici e Pioppi che formano tipiche associazioni ripariali, colonizzando i depositi alluvionali, presenti lungo l'asta principali dei fiumi, e le sponde del reticolo idrografico minore.

Nella zone più elevate del territorio regionale vegeta il **Faggio** a cui compete la zona fitoclimatica del **Fagetum**. I popolamenti di questa specie a temperamento atlantico sono pressoché puri, ben rappresentati nelle foreste demaniali regionali (*Monte Zatta in provincia di Genova*), queste ultime si estendono su di una superficie totale di 6.890 ha. Nei boschi di faggio entrano spesso l'Acerò montano, il Maggiociondolo ed altre specie accessorie. I popolamenti di Faggio sono caratterizzati da un sottobosco in cui sono scarsamente rappresentati gli arbusti, e da uno strato erbaceo dominato da alcune specie caratteristiche quali l'Anemone bianco, le viole, ecc.

Vi è poi la presenza di popolamenti costituiti da conifere introdotte o reintrodotte mediante rimboschimento. Tra queste spicca il **Pino nero** largamente utilizzato negli interventi di sistemazione idrogeologica dei versanti di molte aree interne. In passato oltre al Pino nero in passato vennero impiegate altre conifere tra cui il Pino silvestre, il Pino strobo, il Pino insigne, l'Abete rosso, l'Abete di Douglas, l'Abete bianco ed il Larice. Quest'ultima specie tipica della zona fitoclimatica del **Picetum** è stata impiegata sino al limite della vegetazione arborea nei crinali più alti della Provincia di Imperia.

La zona fitoclimatica dell'**Alpinetum** è presente esclusivamente nella zona alpina dell'estremo ponente ligure, le cui formazioni sono rappresentate dalle praterie e dagli arbusteti alpini dominate dal Mirtillo nero ed il Rododendro.



Faggeta — Foresta demaniale del Monte Gottero (SP)

FORMAZIONE VEGETALE	TIPOLOGIE DI INCENDI								
	<p><b>Macchia mediterranea</b></p> <p><b>Struttura e composizione:</b></p> <table border="0"> <tr> <td><i>strato arboreo</i></td> <td>assente</td> </tr> <tr> <td><i>strato arbustivo</i></td> <td>Leccio, Orniello, Corbezzolo, Alaterno, Viburno, Mirto, Erica arborea, Lentisco, Ginepro comune, Ginestra spinosa, ecc.</td> </tr> <tr> <td><i>strato erbaceo</i></td> <td>Ruta, Teucrium, Ampelodesma, Elicriso, ecc.</td> </tr> <tr> <td><i>lettiera</i></td> <td>scarsa</td> </tr> </table> <p><b>Tipologie di incendi:</b> radenti di strato arbustivo, di intensità da media ad alta; sono caratterizzati da elevata velocità di propagazione dovuta all'elevato carico di incendio. Si sviluppano prevalentemente nel periodo estivo quando la disidratazione dei tessuti vegetali aumenta l'infiammabilità per effetto della concentrazione degli oli essenziali.</p>	<i>strato arboreo</i>	assente	<i>strato arbustivo</i>	Leccio, Orniello, Corbezzolo, Alaterno, Viburno, Mirto, Erica arborea, Lentisco, Ginepro comune, Ginestra spinosa, ecc.	<i>strato erbaceo</i>	Ruta, Teucrium, Ampelodesma, Elicriso, ecc.	<i>lettiera</i>	scarsa
<i>strato arboreo</i>	assente								
<i>strato arbustivo</i>	Leccio, Orniello, Corbezzolo, Alaterno, Viburno, Mirto, Erica arborea, Lentisco, Ginepro comune, Ginestra spinosa, ecc.								
<i>strato erbaceo</i>	Ruta, Teucrium, Ampelodesma, Elicriso, ecc.								
<i>lettiera</i>	scarsa								
	<p><b>Fustaia di Pino d'Aleppo</b></p> <p><b>Struttura e composizione:</b></p> <table border="0"> <tr> <td><i>strato arboreo</i></td> <td>Pino d'Aleppo</td> </tr> <tr> <td><i>strato arbustivo</i></td> <td>specie della macchia mediterranea</td> </tr> <tr> <td><i>strato erbaceo</i></td> <td>specie della macchia mediterranea</td> </tr> <tr> <td><i>lettiera</i></td> <td>caratterizzata da scarsa decomposizione degli aghi con netta separazione tra orizzonte organico e orizzonte minerale del suolo</td> </tr> </table> <p><b>Tipologie di incendi:</b> inizialmente radenti di strato arbustivo facilmente evolvono in incendi di chioma di elevata intensità passivi, attivi e indipendenti, in relazione alle caratteristiche di stratificazione orizzontale e verticale del popolamento e dei fattori climatici e topografici.</p>	<i>strato arboreo</i>	Pino d'Aleppo	<i>strato arbustivo</i>	specie della macchia mediterranea	<i>strato erbaceo</i>	specie della macchia mediterranea	<i>lettiera</i>	caratterizzata da scarsa decomposizione degli aghi con netta separazione tra orizzonte organico e orizzonte minerale del suolo
<i>strato arboreo</i>	Pino d'Aleppo								
<i>strato arbustivo</i>	specie della macchia mediterranea								
<i>strato erbaceo</i>	specie della macchia mediterranea								
<i>lettiera</i>	caratterizzata da scarsa decomposizione degli aghi con netta separazione tra orizzonte organico e orizzonte minerale del suolo								

FORMAZIONE VEGETALE	TIPOLOGIE DI INCENDI
	<p><b>Ceduo di Leccio</b></p> <p><b>Struttura e composizione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>strato arboreo</i> Leccio; sporadici Orniello, Roverella</li> <li><i>strato arbustivo</i> Erica ss.pp., ecc.</li> <li><i>strato erbaceo</i> Elicriso, Cisti, ecc.</li> <li><i>lettiera</i> scarsa</li> </ul> <p><b>Tipologie di incendi:</b> sono assimilabili ai radenti di strato arbustivo, di intensità da media ad alta.</p>
	<p><b>Fustaia di Leccio</b></p> <p><b>Struttura e composizione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>strato arboreo</i> Leccio, Orniello, Cerro e Roverella</li> <li><i>strato arbustivo</i> Corbezzolo, Clematide, Edera, Laurotino, ecc.</li> <li><i>strato erbaceo</i> Robbia selvatica, Asparago pungente, ecc.</li> <li><i>lettiera</i> di notevole spessore, caratterizzato da un passaggio progressivo dall'orizzonte organico a quello minerale</li> </ul> <p><b>Tipologie di incendi:</b> radenti di lettiera e di strato arbustivo se presente, da bassa a media intensità. Nelle leccete mature difficilmente gli incendi si evolvono in chioma in quanto si ha netta separazione tra strato arbustivo e inserzione della chioma dello strato arboreo.</p>

FORMAZIONE VEGETALE	TIPOLOGIE DI INCENDI
	<p><b>Fustaia di Pino marittimo</b></p> <p><b>Struttura e composizione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>strato arboreo</b> Pino marittimo (<i>Pinus pinaster</i>), Castagno, Robinia, Carpino nero e Orniello</li> <li><b>strato arbustivo</b> Erica arborea, Erica scoparia, Ginestra dei carbonai, Ginestrone, ecc.</li> <li><b>strato erbaceo</b> graminacee, Calluna, Rovo, Felce, ecc.</li> <li><b>lettiera</b> anche di notevole spessore, caratterizzata da scarsa decomposizione degli aghi con netta separazione tra orizzonte organico e orizzonte minerale del suolo.</li> </ul> <p><b>Tipologie di incendi:</b> inizialmente radenti di strato arbustivo facilmente evolvono in incendi di chioma di elevata intensità passivi, attivi e indipendenti, in relazione alle caratteristiche di stratificazione orizzontale e verticale del popolamento e dei fattori climatici e topografici.</p>
	<p><b>Ceduo di Castagno</b></p> <p><b>Struttura e composizione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>strato arboreo</b> Castagno (<i>Castanea sativa</i>), Robinia, Carpino nero</li> <li><b>strato arbustivo</b> scarso</li> <li><b>strato erbaceo</b> Calluna, graminacee, ecc.</li> <li><b>lettiera</b> di medio spessore, generalmente caratterizzato da un passaggio progressivo dall'orizzonte organico a quello minerale.</li> </ul> <p><b>Tipologie di incendi:</b> radenti di lettiera di intensità da bassa a media, tipicamente regolari e uniformi nell'avanzamento, di larghezza costante. Sono tipici del periodo autunno-invernale</p>

FORMAZIONE VEGETALE	TIPOLOGIE DI INCENDI
	<p><b>Ceduo di Cerro</b></p> <p><b>Struttura e composizione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>strato arboreo</b> Cerro (<i>Quercus cerris</i>)</li> <li><b>strato arbustivo</b> Biancospino, Prugnolo, Rosa canina, ecc.</li> <li><b>strato erbaceo</b> graminacee, ecc.</li> <li><b>lettiera</b> di medio spessore, generalmente caratterizzato da un passaggio progressivo dall'orizzonte organico a quello minerale.</li> </ul> <p><b>Tipologie di incendi:</b> prevalentemente radenti di lettiera di intensità da bassa a media. Nel periodo inverno-primavera, in particolari condizioni di pendenza e vento forte possono evolversi in incendi di chioma.</p>
	<p><b>Fustaia di Cerro</b></p> <p><b>Struttura e composizione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>strato arboreo</b> Cerro, con presenza di Roverella, Carpini ss.pp., Castagno, Aceri ss. pp.</li> <li><b>strato arbustivo</b> Biancospino, Prugnolo, Rosa canina, ecc.</li> <li><b>strato erbaceo</b> graminacee, ecc.</li> <li><b>lettiera</b> di elevato spessore, generalmente caratterizzato da un passaggio progressivo dall'orizzonte organico a quello minerale.</li> </ul> <p><b>Tipologie di incendi:</b> radenti di lettiera di intensità da bassa a media. Nel periodo inverno-primavera può passare in chioma di tipo passivo nel caso in cui ci sia continuità tra lo strato arbustivo e lo stato arboreo. Sono caratteristici gli incendi sotterranei superficiali e profondi.</p>

FORMAZIONE VEGETALE	TIPOLOGIE DI INCENDI
	<p><b>Fustaia di Pino nero</b></p> <p><b>Struttura e composizione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><b>strato arboreo</b> Pino nero</li><li><b>strato arbustivo</b> presenza sporadica di latifoglie quali: Biancospino, Prugnolo e Rosa canina</li><li><b>strato erbaceo</b> Felce aquilina, Rovo e graminacee</li><li><b>lettiera</b> caratterizzata da scarsa decomposizione degli aghi con netta separazione tra orizzonte organico e orizzonte minerale del suolo.</li></ul> <p><b>Tipologie di incendi:</b> nei rimboschimenti giovani a densità elevata, con inserzione della chioma bassa, facilmente evolvono in incendi di chioma attivi e indipendenti di elevata intensità. Per le fustaie mature ad elevata densità, con inserzione della chioma alta e strato erbaceo costituito da graminacee, si verificano incendi radenti di strato erbaceo.</p>
	<p><b>Fustaia di Faggio</b></p> <p><b>Struttura e composizione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><b>strato arboreo</b> Faggio (<i>Fagus sylvatica</i>)</li><li><b>strato arbustivo</b> scarso o assente</li><li><b>strato erbaceo</b> a prevalenza di graminacee</li><li><b>lettiera</b> di elevato spessore, generalmente caratterizzato da un passaggio progressivo dall'orizzonte organico a quello minerale</li></ul> <p><b>Tipologie di incendi:</b> radenti di lettiera di intensità da bassa a media nel periodo autunno-invernale.</p>

FORMAZIONE VEGETALE	TIPOLOGIE DI INCENDI
	<p><b>Prateria</b></p> <p><b>Struttura e composizione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li><i>strato arboreo</i> assente</li><li><i>strato arbustivo</i> assente</li><li><i>strato erbaceo</i> graminacee, ecc.</li><li><i>lettiera</i> assente</li></ul> <p><b>Tipologie di incendi:</b> radenti di strato erbaceo di intensità da bassa a media, tipicamente regolari e uniformi nell'avanzamento, di larghezza costante.</p>